

Historia de la construcción

Santiago de Compostela, 26 - 29 de octubre de 2011

Volumen I

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

TEXTOS SOBRE TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES
Colección dirigida por Santiago Huerta

M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerta (Eds.). **Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

F. Bores, J. Fernández Salas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Casas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Choisy. **El arte de construir en Roma**

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**

A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**

A. Choisy. **Historia de la arquitectura** (en preparación)

J. Girón y S. Huerta (Eds.). **Auguste Choisy (1841–1909). L'architecture et l'art de bâtir**

A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. A. Tabales (Eds.). **Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**

J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**

J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**

J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**

J. Heyman. **Teoría básica de estructuras**

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica**

J. Heyman. **Vigas y pórticos**

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas**

S. Huerta (Ed.). **Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragozá (Eds.). **Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**

S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures**

S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the First International Congress on Construction History**

J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**

H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)

H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura** (en preparación)

A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**

R. Willis. **Geometría y construcción de las bóvedas medievales** (en preparación)

Actas del Séptimo Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

SÉPTIMO CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN. Santiago, 26 – 29 octubre de 2011

Organizado por

Sociedad Española de Historia de la Construcción
Instituto Juan de Herrera
Máster Universitario en Renovación Urbana y Rehabilitación
Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas
Universidade de Santiago de Compostela

Entidades colaboradoras

Consorcio da Cidade de Santiago
Intituto Gallego de Vivienda e Solo de la Xunta de Galicia
Consellería de Cultura e Turismo
S.A. do Plan Xacobeo
Cabildo de la S.A.M.I. Catedral de Santiago
Asociación Gallega de Amigos del Camino de Santiago (AGACS)

Comité de honor

Antonio Bonet Pina
Juan Casares Long
Gerardo Conde Roa
Celestino García Braña
Jose Manuel Rey Pichel
Camino Triguero Salas
José Manuel Villanueva Prieto

Comité Organizador

Miguel Cajigal
Paula Fuentes González
Ignacio Javier Gil Crespo
Rafael Hernando de la Cuerda
Santiago Huerta Fernández
Fabián López Ulloa
Ana Rodríguez García

Presidencia

José Antonio Redondo López
Miguel Taín Guzmán

Secretario

Santiago García Suárez

Comité Científico

Presidente: Santiago Huerta
Miguel Aguiló Alonso
Antonio Almagro Gorbea
Miguel Arenillas Parra
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Francisco Bueno Hernández
José Calvo López
Idoia Camiruaga Oses
Antonio de las Casas Gómez
Rafael Cortés Gimeno
Manuel Durán Fuentes
Xerardo Estévez Fernández
Jacobo Feas Vázquez
Javier Fernández Múñoz
Manuel Gallego Jorreto
Javier Girón Sierra
Domingo González Lopo
José Luis González Moreno-Navarro
Amparo Graciani García
Rafael Marín Sánchez
Enrique Nuere Matauco
Ángel Panero Pardo
Enrique Rabasa Díaz
Mercedes Rosón Ferreiro
Jesús Sánchez García
Xosé Santos Solla
Cristina Segura Graíño
Rafael Soler Verdú
Miguel Taín Guzmán
Fernando Vela Cossío
Arturo Zaragozá Catalá

Actas del Séptimo Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

Santiago de Compostela, 26 – 29 de octubre de 2011

Edición a cargo de

Santiago Huerta

Ignacio Javier Gil Crespo

Santiago García Suárez

Miguel Taín Guzmán

Volumen I

INSTITUTO JUAN DE HERRERA

Escuela Técnica Superior

de Arquitectura de Madrid

AULA DE RENOVACIÓN URBANA E REHABILITACIÓN













Sociedad Española de
Historia de la
Construcción



ISBN: 978-84-9728-370-0 (Obra completa); ISBN: 978-84-9728-371-7 (Vol. I)
Depósito Legal: M-41.246-2011
Portada: Mont-Notre-Dame. Detalle de la iglesia de peregrinos de Ch. Babet de 1894
Fotocomposición e impresión:
EFCA, S. A. Parque Industrial «Las Monjas»
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

Índice

Volumen I

Volumen II

Comunicaciones

Casas prefabricadas de aluminio: los orígenes de esta industria moderna de Inglaterra en 1945

Bill Addis

El aluminio atrajo la atención de los arquitectos por la primera vez en la década de 1930, especialmente para la piel exterior de un edificio, tanto por su aspecto brillante y su resistencia a la corrosión. Desde mediados de los años treinta, la producción de aluminio creció enormemente para satisfacer la demanda de aviones militares. Mucho antes de la final de la Guerra, el gobierno británico preveía dos situaciones que se presentarian cuando llegara la paz: la necesidad de nuevas viviendas y un número de fábricas redundantes, pero en pleno funcionamiento, equipado para la producción masiva el uso de aluminio. El resultado fue el bungalow de aluminio prefabricado, de los cuales casi 55.000 fueron construidos a partir de 1945.

La producción de casas enteras constituyó un raro éxito de la industrialización. Sin embargo, a pesar de su éxito, y el desarrollo de escuelas prefabricadas de aluminio, este experimento notable en los países industrializados, la producción en masa sobrevivieron menos de una década, y se fue legado poco permanente en el sector de la vivienda del Reino Unido.

La industrialización

En el Reino Unido nuestra idea de la «industrialización» se basa principalmente en lo que ocurrió durante la Revolución Industrial que tuvo lugar en la industria textil entre 1750 y 1820. Las principales características históricas de esta revolución fueron las siguientes:

- Sustitución del poder de mano por el poder del agua y la energía de vapor;
- Un gran aumento de la productividad (producto por persona) ´10, entonces ´100, ´1000 y luego más;
- Concentración de la fuerza de trabajo en las fábricas cerca de la fuente de poder;
- Muy alta inversión en fábricas, maquinaria y fuentes de poder;
- Los beneficios comerciales de la compra de materias primas a granel.

La viabilidad de la industrialización de este tipo era una cuestión simple de la economía:

- Para tener éxito, los beneficios de una productividad aumentada y una reducción de los costes de mano de obra (por unidad) tenían que ser mas grandes que las inversiones considerables en las fábricas.

Sin embargo, la industria textil —hilado y tejido— es una industria de proceso; no es una industria de fabricación de artefactos que tiene. La industrialización de la producción de artefactos tiene las características de la revolución textil, pero, además, otra característica muy importante. La industrialización de la producción requiere un cambio fundamental de los productos: se han diseñado para ser fabricado con máquinas.

Al realizar un artefacto, como un telar a mano por ejemplo, cada pieza está hecha precisamente para

que quepa en una ubicación única, con otras partes, única. Por lo tanto, las partes equivalentes de dos máquinas similares no serán idénticas y no podrían ser sustituidos por otros.

La característica esencial de la producción industrializada o «en masa» es que un artefacto completo se reunió con un conjunto de piezas. Cada componente de la asamblea se ha hecho en gran número, todos los cuales son idénticos (dentro de la variación del proceso de fabricación). Es decir, los componentes idénticos son intercambiables: cualquiera de un cierto componente podría ser utilizado en el montaje y, si una parte se desgasta o se rompe, puede ser sustituida por cualquier otra parte de ese tipo.

Para lograr esta disciplina, cualquier producto tiene que ser diseñado o rediseñado, de tal manera que se puede hacer uso de una serie de componentes que pueden montarse en una secuencia definida para hacer el artefacto completo. Entonces, las características de la producción en masa son:

- Reducción de un producto en componentes y procesos de montaje;
- La repetición de las mismas acciones;
- Normalización, y
- Control de calidad para asegurar que las piezas son idénticas y intercambiables.

Para lograr estos resultados técnicos, una serie de cambios en la organización también se debe introducir:

- La redistribución de las competencias es necesario - de las habilidades artesanales de alto nivel a nuevas habilidades, diseño de alto nivel, junto con relativamente bajo nivel de conocimientos de montaje;
- La fabricación y el montaje debe estar en una fábrica para garantizar un buen control de los procesos;
- El proceso entero requiere de un manejo y planificación de materiales, procesos y mano de obra, y
- La gestión comercial de la producción: equilibrar los costos de los materiales y el mano de obra (en comparación a la fabricación por mano), con los altos costos de la inversión en maquinaria y edificios de la fábrica.

Aunque los primeros ejemplos de la producción en serie se puede encontrar en la fabricación de máquinas de hilado y tejido en la Italia del Renacimiento, el primer ejemplo en el mundo industrial moderno estaba en la marina británica, cortesía del talento de un ingeniero francés trabajando en Inglaterra - Marc Brunel (1769-1849), el padre del más famoso Isambard Brunel.

Como parte del esfuerzo de guerra a la derrota de Napoleón en el mar, ideó una nueva manera de hacer la gran cantidad de cuadernales utilizados en el aparejo de los buques de guerra. Un gran buque de guerra necesitaba más de 1000 cuadernales y de la Armada ordenó más de 100.000 cada año.

Brunel rediseñado los cuadernales como una serie de componentes que podrían ser montados fácilmente, y diseñó una máquina única para llevar a cabo cada uno de los 22 procesos necesarios para hacer cada componente de manera muy eficiente. El resultado, a partir de 1803, fue un aumento de por lo menos diez veces en la productividad (bloques fabricados por persona). Estas máquinas se mantuvo en uso durante más de cien años y es curioso que otras industrias británica no dio seguimiento a la idea. Fue a mediados del siglo XIX que la producción en masa comenzó a ser desarrollado en los Estdos Unidos, conduciendo, por supuesto, al ejemplo legendario, Henry Ford, y el nacimiento de la «organización científica» en el siglo XX (Addis 2007).

Prefabricación e industrialización de la construcción de viviendas en Gran Bretaña en los años veinte

Se reconoció durante la Primera Guerra Mundial que la calidad de la vivienda tanto en Gran Bretaña era terrible y un juicio político se hizo para iniciar una campaña de reconstrucción masiva, en parte para atraer votos después de las consecuencias grandes y desastrosas de la guerra para la mayoría de las familias en el país - uno de los los eslóganes políticos más memorables fue «Homes fit for Heroes» (Casas aptas para Héroes).

También se reconoció que el fuente de habilidades de construcción tradicional ha sido muy disminuida por la guerra y la guerra había demostrado la eficacia de los métodos de producción industrial en busca de armas y otros equipos de hecho para la guerra.

El resultado fue un gran número de propuestas y experimentos para reemplazar la pared de ladrillo tradicional en la construcción de casas de dos pisos. Era un verdadero día de maniobras para los inventores. Las muchas ideas se redujieron en cuatro categorías principales:

- Uso de encofrado móvil y reutilizable para hormigón;
- Elementos planos prefabricados de hormigón;
- Chapa de acero, combinada con paneles de madera o cemento de aminto, y
- Paneles completos, prefabricados en madera.

Algunos de estos sistemas tenían una estructura ligera de acero o de hormigón armardo con paneles, mientras que otros se basó en los elementos del panel para portar las cargas verticales. También hubo muchas combinaciones de todos estos materiales y los sistemas básicos.

En resumen, todos ellos no se establezcan. Una serie de razones se identificaron:

- Pequeñas casas necesitan sólo una construcción ligera;
- Elaborar los sistemas de encofrado de hormigón era caro;
- Refuerzo (de hormigón) fue generalmente innecesario;
- Bloques complicados y paneles prefabricados de hormigón eran a menudo defectuosos;
- Traslado de grúas y otras plantas grandes de un lugar a otro, era costoso;
- Mano de obra no calificada no era mucho más barato que la mano de obra calificada, y
- Poca o ninguna atención se le dio a la industrialización de la fabricación de los otros elementos de construcción, tales como fundaciones, pisos, techos, paredes y revestimientos para el suelo.

En términos más generales, se observó que había poco análisis de las carencias actuales en diferentes partes del país. Por ejemplo, en algunos lugares era una carencia de los ladrillos de arcilla, no de albañiles. En lugares como eso, hubiera sido más sensato utilizar hormigón para hacer ladrillos o bloques en vez de tratar de introducir estructuras de hormigón armado que requerían habilidades que eran totalmente desconocidas en la obra británica (White 1965; Bowley 1966; Addis 1997; Davis 2005).

Prefabricación e industrialización de la construcción de viviendas en Gran Bretaña en los años cuarenta

Los acontecimientos en materia de vivienda durante e inmediatamente después de la Seunda Guerra Mundial, curiosamente reflejieron los acontecimientos después de la Primera Guerra Mundial.

Esta vez, aunque el número de hombres perdidos fue menos, bombas alemanas destruyeron muchos cientos de miles de viviendas, especialmente en los puertos y ciudades industriales. Ya en 1942, una demanda urgente fue identificada por cerca de 750.000 hogares durante el «período de emergencia» inmediatamente después de la guerra. Además, un programa de erradicación de chabolismo se inició que requieren otros 500.000 viviendas.

Los comités de gobierno se crearon en 1942 para satisfacer las necesidades previstas para la vivienda en gran número, especialmente para vivienda temporal para llenar el vacío antes de la «vida normal» podría reanudarse.

Para aumentar la fuerza agotada de mano de obra tradicional, se promovió:

> Para utilizar los recursos disponibles de la mejor manera por el uso extensivo de nuevos métodos de construcción que economizan mano de obra, por la normalización y el uso de mano de obra y la capacidad industrial normalmente fuera de la industria de la construcción (White 1965, 122).

A la Dirección del Gobierno de la Construcción de la posguerra y una Dirección de Materiales se han creado en el año 1942, dentro del cual un Comité de Construcción de Casa que se veía en las oportunidades para la prefabricación y las implicaciones para el suministro de mano de obra y materiales.

En paralelo con las iniciativas del gobierno, un ingeniero de producción de la ciudad industrial de Coventry inició un comité de patrocinio privado que se concentró específicamente en la prefabricación: El Comité para la prestación Industrial y Científica de la Vivienda. Se examinaron más de 700 diferentes métodos de prefabricación y se identificaron las prin-

cipales razones por las que muchos de ellos habían fracasado. En particular, se llegó a la conclusión de que los procesos industriales son más caros que la construcción tradicional, y, como ejemplo, utilizó una comparación entre una fábrica de producción de caravanas y una casa tradicional. El primero podría hacer una sola habitación de unos 1000 pies cúbicos ($28m^3$), con una vida útil de unos 20 años, por alrededor de £800. Por una soma aproximadamente el doble, alguien podría comprar una casa convencional diez veces mas grande ($280m^3$), y con una vida de por lo menos sesenta años. Esta última también requiere menos mantenimiento y conservar su valor de mercado mejor de una caravana.

De las aportaciones de los patrocinadores de la comisión, lo más importante fue el de la Bristol Aeroplane Company, que había propuesto una casa de dos pisos de aleación de aluminio, entregado al sitio en tres secciones completas que se construirá en breve pilotes, unidos por una viga de borde. Aunque sólo tres prototipos fueron producidos, fue la propuesta que se desarrolló en una esquema del Bungalow de aluminio, que más tarde fue patrocinado por el gobierno.

El gobierno patrocinó el programa de vivienda temporal revisado cientos de propuestas y redujo a once que fueron llevados a la etapa de construcción de un prototipo. Un total de casi 160.000 bungalows temporales fueron construidos, de los cuales, incidentamente, cerca de 112.000 todavía estaban en uso en 1960. La mayor parte de las construidas eran de sólo tres tipos:

- La casa Arcon fue hecho principalmente de perfiles laminados de acero liviano y acero tubular, el revestimiento y el techo eran de asbesto cemento, tabiques y techos de placas de yeso, y pisos de madera. Se reunieron principalmente en el lugar y cerca de 40.000 fueron construidos.
- La casa Uni-Seco Structures constaba de una proporción mayor de elementos prefabricados y fue construido utilizando un marco de madera de apoyo paneles de asbesto cemento por dentro y por fuera. Alrededor de 29.000 fueron construidos.
- El Bungalow de aluminio fue lo más prefabricado de los tres, hecho en cuatro unidades que fueron entregados por los camiones. Fueron montados en el solar, listos para su ocupación, en menos de un día, con un promedio de sólo 20 horas-hombre de mano de obra —el más rápido fue completado en sólo 4 horas. Unos 55.000 fueron construidos, y este tipo fue el único que ha ganado el honor de ser conservado en un museo— existen por lo menos cinco ejemplos (figura 1).



Figura 1
AIROH Bungalow de aluminio, tipo B2. (Museum of Welsh Life, St Fagans, Cardiff)

Una característica común de los proyectos en acero (el Arcon y varios otros) y en aluminio, era que se podrían hacer en las fábricas que ya existían: casas de acero en las fábricas de automóviles que habían sido adaptado para hacer muchos tipos de vehículos para la guerra; y las de aluminio en las fábricas de aviones.

De gran importancia fue el *Report of the Building Indusries' National Council* in 1944 (Informe de Consejo Nacional de la Industria de la Construcción) que llevó al gobierno de apoyar el programa de construcciones prefabricadas. Unos partes de las conclusiones se indican claramente que, mientras que los edificios prefabricados fueron identificados como un medio probable de hacer frente a la escasez de viviendas previsto, que fuera visto también como una amenaza a la industria de la construcción tradicional que, en ese momento, era muy grande (y representaron un gran número de votantes):

- La industria de la que de todo corazón a favor de todas las formas de progreso técnico, incluidos formas ventajosas de la construcción de prefabricados, en principio. Pero...

– Aunque el rápido suministro de vivienda era de la mayor importancia, las normas de buena construcción y la industria de la construcción normal, en la medida de lo posible, debe dejarse intacta.
– Un cuidadoso equilibrio debe preservarse como entre los nuevos métodos y la construcción tradicional... (White, 1960: p.149. Cursiva por el autor).

El informe del Consejo también, con prudencia, ha destacado el gran cuidado que se necesita cuando se utiliza material desconocido, porque su desempeño fue mal entendido en la industria de la vivienda, y muchas dificultades que surgen cuando se trata de transferir la experiencia de otras industrias.

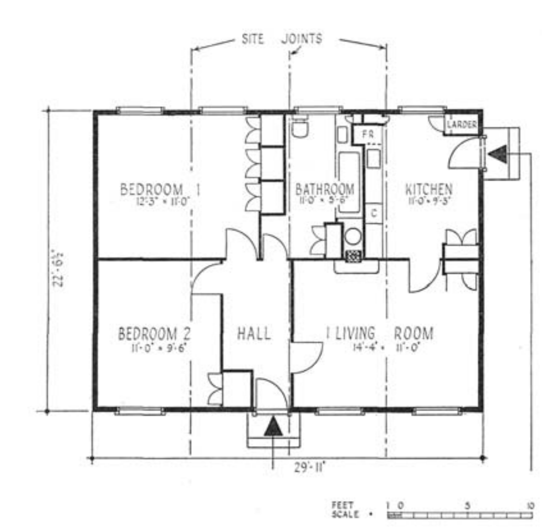


Figura 2
AIROH bungalow, tipo B2, plano. (White 1965)

EL BUNGALOW DE ALUMINIO, AIROH B1 Y B2 (DE 1945)

Durante la guerra de la Bristol Aeroplane Company había fabricado una variedad de aviones de guerra utilizando aluminio puro y el aleación de aluminio más fuertes *Duralumin*.

El gobierno se sintió atraído especialmente por el hecho de que la fuerza de trabajo BAC podría continuar en el empleo después del fin de la guerra, utilizando las habilidades que ya tenían, que trabajan en fábricas totalmente equipado y en funcionamiento. Sin embargo, el Bungalow de aluminio, que ya era conocido ser más caro que los otros diseños, solamente se dio pleno apoyo por el gobierno en 1944, cuando se dieron cuenta de que el bungalow de acero preferido no estarían disponibles en cantidad suficiente hasta finales de 1946.

El diseño para el Bungalow de aluminio fue confiado a una junta de la industria aeronáutica / Ministerio de Producción de la organización denominada Aircraft Industries Research Organisation on Housing (Organización de Investigación de la Vivienda de los Indistrias Aereas), del cual viene el nombre *AIROH*, como era bien conocida. (Su nombre oficial era el B1, pero por lo general se les llamaba «prefabs - abreviación por «prefabicated houses»).

Cada bungalow ha medido 9m por 6.9m y tenía un living, una cocina, un baño y dos dormitorios (figura 2). Fue hecho en cuatro secciones que fueron transportada al solar en camion. Todas las tuberías estaban contenida en una de las cuatro secciones de la cabaña para que no haya conexiones necesarias para hacerse en el sitio. El calor de la chimenea de la caldera se llevó a través de los conductos por encima del techo para calentar las habitaciones.

Los paneles de la pared externa de los bungalows se formaron con bandejas de aluminio prensado en el que se derramó con aire incorporado lechadas de cemento y cubierta por una lámina de 6 mm de placas de yeso, lo que hace un espesor total de alrededor de 60 mm que tenía el mismo rendimiento aislante que una pared de ladrillos cavidad estándar con revestimiento de yeso (figura 3).

Cinco fábricas en Inglaterra han sido adaptadas para la producción de los bungalows AIROH: en Weston-super-Mare (la Bristol Aeroplane Company), Gloucester, Chester, Blackpool y Blackburn. Cada bungalow se formó a partir de 2.000 componentes, y mucho menos de las 20.000 necesarias para que un avión normal. Dos tipos de línea de producción se han desarrollado. Uno tenía cuatro cinturones de montaje en paralelo (líneas de producción) para cada uno de los cuatro módulos (figuras 4, 5). Los otros ensamblados a los cuatro módulos en una sola correa. En su pico de producción de las líneas de montaje podría entregar una casa completa cada doce minutos.

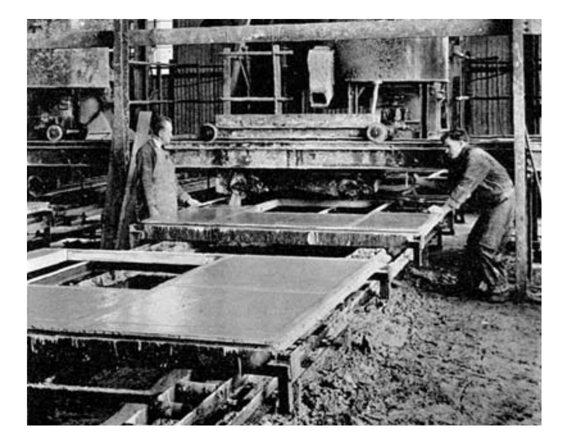


Figura 3
Producción de los paneles. (Anon 1948)

Las cuatro unidades fueron entregadas al solar totalmente cableado para la electricidad, esmaltado y pintado. El más pesado de los cuatro, que contiene la cocina y el baño, era 7'6" (2.3m) de ancho y pesaba 2,75 toneladas para que sea adecuado para el transporte por carretera y carga / descarga con una plataforma de elevación de tamaño reducido (figuras 6, 7, 8).

Las unidades fueron colocadas en una placa de suelo de hormigón con paredes bajas alrededor de su perímetro (figuras 9, 10, 11).

Sólo tres de las juntas tenía que hacerse en el solar para obtener un sellado resistente a la intemperie (figura 12). Una vez construido, el piso de madera fue

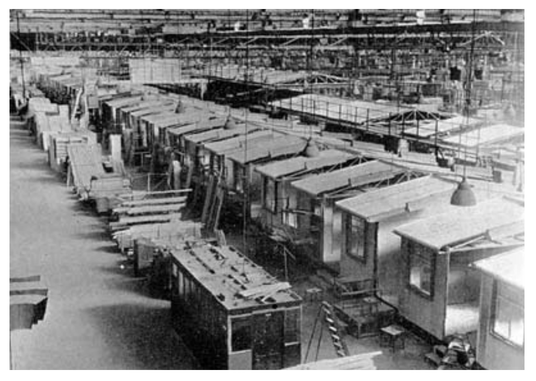


Figura 4
Cinturones de montaje de los bungalows. (Anon 1948)

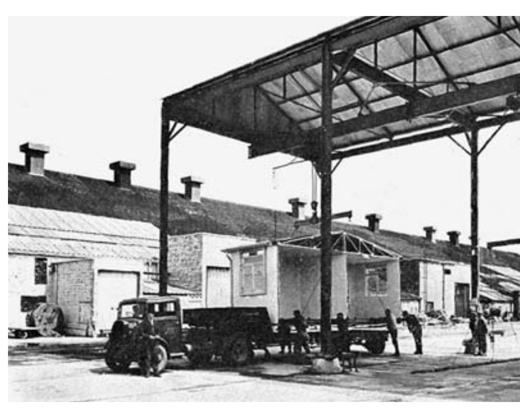


Figura 6
Carga de una seccion de bungalow en el camion. (Anon 1948)

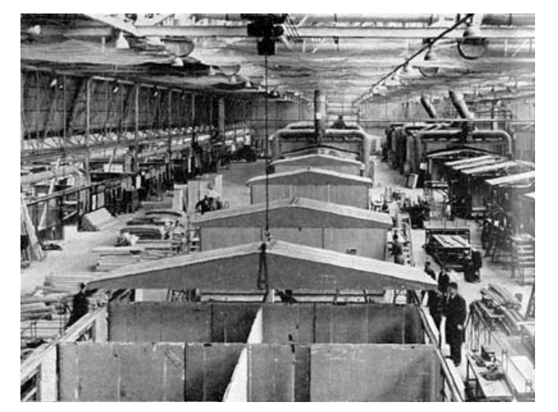


Figura 5
Cinturones de montaje de los bungalows. (Anon 1948)



Figura 7
Transporte de una seccion en camion. (Anon 1948)



Figura 8
Llegada de las cuatro secciones de un bungalow al solar. (Anon 1948)





Figura 09
Preparation del solar para el bungalow. (Anon 1948)

Figura 10
Colocación de la primera sección. (Anon 1948)



Figura 11
Colocación de la secunda sección. (Anon 1948)

colocado en su lugar (figuras 13, 14).

Para superar los prejuicios en contra de llamar a los edificios «temporal» que estaban equipados con «todas las comodidades modernas», incluyendo una cocina de acero prefabricadas con cocina, fregadero y nevera (figura 15).

El primer bungalow AIROH fue inaugurado en julio de 1945.

La estimación del costo inicial de un bungalow AIROH había sido de alrededor de £1.360 (en 1945),

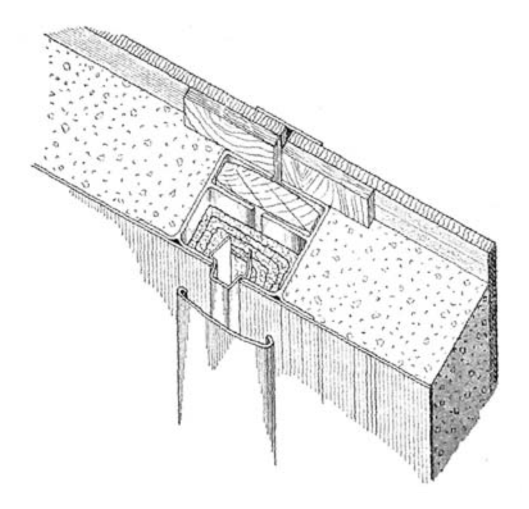


Figura 12
Detalle de la conexión de la pared de dos secciónes. (Aluminium Foundation)

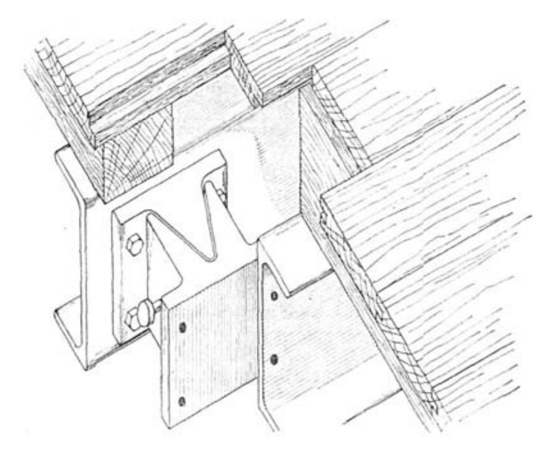


Figura 13
Detalle de la conexión del suelo de dos secciónes. (Aluminium Foundation)



Figura 14
Terminación del montaje. (Anon 1948)

pero en 1947 el precio fue dado de £1.610. Sin embargo, este precio no incluye una contribución a la amortización de costos muy altos de maquinaria de la fábrica. Aún así, el bungalow AIROH costó más de £400 más que la casa Arcon, aunque sólo la mitad el número de este último tipo fueron construidos.

El rendimiento de las casas AIROH era muy buena. Todos ellos sobrevivieron a su intención de 10 años de vida temporal, y muchos fueron habitados todavía en la década de 1960. La condensación era a menudo un problema cuando los ocupantes hizieron



Figura 15
La cocina prefabricada en acero. (Anon 1948)

cocinar, lavar y secar para una familia de cuatro, pero probablemente poco peor que en otros tipos de casa. Desde mediados de 1950, el aluminio al aire, especialmente en las regiones del país con fuertes lluvias o cerca del mar, estaba empezando a mostrar signos visibles de corrosión. Sin embargo, el B1 fue tan exitoso como un edificio temporal que, en 1947, se produjo una nueva versión, el B2, como un hogar permanente, con una vida prevista de 60 años. Sólo pequeñas modificaciones en el B1 se hicieron para el B2 - un aumento del grosor del aislamiento en la pared y las tablas del piso, y una mejor ventilación para reducir la condensación (Anon 1948; Vale 1995; Stevenson 2003).

El Bungalow de aluminio, BL8 (desde 1948)

Aunque el programa de vivienda temporal que llevó al desarrollo de los AIROH B1 y B2 bungalows llegó a su fin en 1948, el Gobierno y las industrias aeronáuticas vieron que sería un beneficio para continuar usando las fábricas de aviones para producir viviendas hasta el momento en que la industria de la aeronave comenzó a crecer de nuevo para satisfacer las necesidades de la aviación civil.

El bungalow nuevo, que llegaría a ser llamado el BL8 era muy diferente de la B1. Fue diseñado para el montaje en obra de una serie de paneles planos que formían las paredes exteriores y tabiques. Cada comisión, formada por una piel exterior de aluminio

corrugado montado en un marco de madera con entramado de yeso en el interior. El suelo de madera ya no formía parte integrante de la estructura prefabricada y el BL8 no contenía ni una cocina equipada ni un baño prefabricada. Sin embargo, el BL8 fue 35% más grande —860 pies cuadrados en comparación con 660— y tenía tres dormitorios en lugar de dos. Aunque diseñado para ser casas individuales, se erigió por lo general en parejas. Cerca de 5000 BL8 bungalows fueron construidos (Maré 1953; Bullock 2002; Harrison 2004).



Figura 17
Una escuela en aluminio, Inglaterra, usado hasta 1972. (Peter & Weidlinger 1956)

Otros edificios prefabricados de aluminio (1950-55)

Después de haber desarrollado un nuevo tipo de construcción para la BL8, en base paneles planos ligeros, los fabricantes han explorado oportunidades para su uso en otros tipos de construcción. De mayor éxito fue la construcción de cerca de 400 escuelas permanentes en Gran Bretaña (figuras 16, 17).

Su peso ligero también hizo el sistema adecuado para la exportación y la década de 1950 vio a un bien comercio de exportación, especialmente a Australia, incluyendo los edificios para escuelas, centros de formación, laboratorios, hospitales, centrales telefónicas y hasta las oficinas de correos, así como de hogares. Once escuelas se exportaban a Francia y un hospital de 100 camas fue enviado a Benghazi en el norte de África. En 1951, un edificio BAC de aluminio se ha exportado a Nueva Zelanda para servir como un edificio de la terminal del aeropuerto para el servicio de barco de vuelo (avión) a Wellington.



Figura 16
Una escuela en aluminio, Inglaterra. (Peter & Weidlinger 1956)

La División de Construcción BAC se cerró finalmente en 1955 a pesar de tener una cartera de pedidos llena de edificios escolares, y la posibilidad de entrar en el mercado de rápido crecimiento para el uso de paneles de aluminio para las fachadas de edificios. La razón era simplemente que en este momento el mercado de los aviones estaba levantando de nuevo y la gestión de BAC todavía sentían que estaban siendo, fundamentalmente, una empresa de aviones que no forma parte de la industria de la construcción.

El único legado de este período de actividad es que partes de dos de las empresas que hicieron las escuelas de aluminio se separaron y continuaron en el negocio de fabricación, respectivamente, de ventanas de guillotina de aluminio y de muros cortina de aluminio (Peter & Weidlinger 1956).

Conclusión

Aunque alrededor de 150.000 bungalows prefabricados temporales fueron construidos entre 1945 y 1950, esto era relativamente pequeño en comparación con más de un millón de viviendas construidas con los métodos tradicionales de construcción.

En retrospectiva, es probable que suficientes casas pudo haber sido construido en el período posterior a la guerra mediante la mejora de la organización y planificación de las prácticas tradicionales de construcción, y la introducción de la normalización gene-

ralizada de los componentes y productos.

El objetivo principal del programa de construcción prefabricados era mantener las fábricas de aviones y de coches activa para los años después del fin de la guerra hasta que la economía se había recuperado lo suficiente como para que puedan volver a producir aviones y automóviles.

La fuerza de trabajo que producen tanto el aluminio y el acero de los edificios temporales se mantuvo en sus respectivos sectores (aeronaves y vehículos), cuando su producción cesó por lo que prácticamente no hubo cambio permanente en el sector de la construcción tradicional.

Lista de referencias

Addis, Bill. 1997. «Concrete and steel in twentieth-century construction: from experimentation to mainstream usage». En *Structure and Style* ed. by Michael Stratton, 103-142. London: Spon.

Addis, Bill. 2007. *Building: 3000 years of Design, Engineering and Construction*. London & New York: Phaidon.

Anon. 1948. *The First Factory-made Aluminium Bungalow*. Aluminium Development Association.

Bowley, Marion. 1966. *The British Building Industry: Four Studies in Response and Resistance to Change.* Cambridge University Press.

Bullock, Nicholas. 2002. *Building the Post-war World*. London: Routledge.

Davies, Colin. 2005. *The Prefabricated Home*. London: Reaktion Books.

Harrison, Harry, et al. 2004. *Non-traditional houses - Identifying non-traditional houses in the UK 1918-75*. Garston (UK): BRE Press.

Maré, Eric de. 1953. *New ways of building*. 3rd Edn. London: The Architectural Press.

Peter, John (Vol.I), and Weidlinger, Paul (Vol.II). 1956. *Aluminium in modern architecture. Vol.I Buildings. Vol.II Engineering design and details*. Louisville, Kentucky: Reynolds Metals Company / New York: Reinhold Publishing Company.

Stevenson, Greg. 2003. *Palaces for the People: Prefabs in Post-war Britain*. London: Batsford.

Vale, Brenda. 1995. *Prefabs - The history of the UK Temporary Housing Programme*. London: Taylor & Francis.

White, R.B. 1965. *Prefabrication. A history of its development in Great Britain*. London: HMSO.

Las deformaciones de las bóvedas de cañón de la Basílica de Majencio

Alejandra Albuerne Rodríguez
Martin Williams

La Basílica de Majencio (307-313 d.C.) contaba con las mayores bóvedas de cañón y de arista construidas bajo el Imperio Romano. Dos de las tres naves del edificio se hundieron durante la Edad Media, en fecha y por motivos desconocidos, permaneciendo en pie únicamente la nave norte, compuesta por tres espectaculares bóvedas de cañón. El presente artículo estudia las deformaciones patentes a día de hoy en dichas bóvedas con el fin de determinar las causas que las han generado y profundizar en el comportamiento estructural del edificio a lo largo de su historia. Los datos empleados en este estudio se recogieron en un levantamiento con estación total en enero de 2011, y su análisis ha permitido concluir que las deformaciones se deben principalmente a dos causas: a errores y correcciones durante el proceso constructivo y al comportamiento mecánico de la estructura.

Introducción

La Basílica de Majencio (307-313 d.C.), también conocida como la Basílica de Constantino o la Basílica Nova, fue construida en *opus caementicium* u hormigón romano cuando este material había alcanzado ya su máximo desarrollo tecnológico.[1] Gracias a este material desarrollado por los romanos se lograron importantes avances a nivel arquitectónico y constructivo, como por ejemplo la plasticidad en las formas, la industrialización en la producción y economía en el transporte de los materiales, la introducción de sistemas de cobertura impermeables y resistentes al fuego, una menor necesidad de mantenimiento, etc.

La Basílica de Majencio se aleja de la tipología tradicional de basílica civil para adoptar el potencial constructivo del *opus caementicium* en toda su totalidad.[2] El edificio se inspira en los monumentales *frigidariums* de las grandes termas de la ciudad de Roma (Termas de Caracalla 212-216 d.C., Termas de Diocleciano 298-305 d.C.). Se mantiene el concepto de una nave central más amplia y de techumbre más



Figura 1
Interior de la Basílica de Majencio durante la campaña de medición realizada en enero 2011. En la foto, la autora Albuerne con la estación total empleada (foto: L. Ellis 2011)

elevada, que ahora se cubre con bóvedas de arista en hormigón. Las naves laterales quedan fragmentadas por la aparición de masivos muros de hormigón que sirven de contrarresto a las bóvedas de la nave principal y que se aprovechan para solucionar la cubierta con bóvedas de cañón. Tanto las bóvedas de cañón como las bóvedas de arista de la Basílica son las mayores conocidas del Imperio Romano (Lancaster 2005, 138; Amici 2003, Figura 11).

Se trata de un estandarte del patrimonio arquitectónico de Roma cuya conservación preocupa tanto a las comunidades arqueológica y arquitectónica como a las autoridades responsables de su mantenimiento. Nuestra investigación persigue fundamentalmente dos objetivos: comprender mejor el colapso parcial de la Basílica acontecido durante la Edad Media —fecha desconocida—, en particular la posibilidad de que fuera generado por un movimiento sísmico; y evaluar la estabilidad de los restos actuales del edificio, considerando los efectos de posibles futuros terremotos y otras perturbaciones, como la construcción de nuevos túneles de metro a escasos metros de las cimentaciones de la Basílica. En etapas anteriores de este trabajo se ha estudiado la estabilidad de una geometría original ideal (Albuerne 2010).

El presente artículo se ocupa de las deformaciones existentes en una serie de elementos estructurales que se conservan aún en la Basílica. En enero de 2011 se llevó a cabo un levantamiento topográfico con estación total, dirigido por la Autora de la presente, y en el cual se obtuvieron los datos necesarios para el estudio de la geometría. Un estudio en profundidad de las deformaciones es esencial para comprender la geometría original del edificio tal y como fue ejecutado. Por otro lado, dicho estudio permitirá evaluar el comportamiento estructural de la Basílica a lo largo de su historia, pues permitirá identificar los mecanismos que han sido movilizados en la estructura durante su existencia (Huerta 1996). Es posible inferir el tipo de cargas y los elementos y aspectos críticos que dieron pie a dichos movimientos.

Estado actual de los restos: hundimiento parcial de la estructura

A día de hoy sólo se mantiene en pie una de las tres naves que configuraban la Basílica de Majencio: la nave norte (ver Figuras 1 y 2). Las bóvedas de arista de la nave central se han perdido, conservándose tan sólo parte de los arranques de dos de las bóvedas sobre la nave norte. El hundimiento de la bóveda del vano occidental provocó un daño importante en el contrarresto de la bóveda de cañón adyacente en la nave norte, arrancando de la cabeza del muro una enorme cuña de hormigón de aproximadamente 7 x 16 x 15 m (largo x ancho x alto, ver Figura 3). Las tres bóvedas de cañón de la nave sur también han desaparecido.

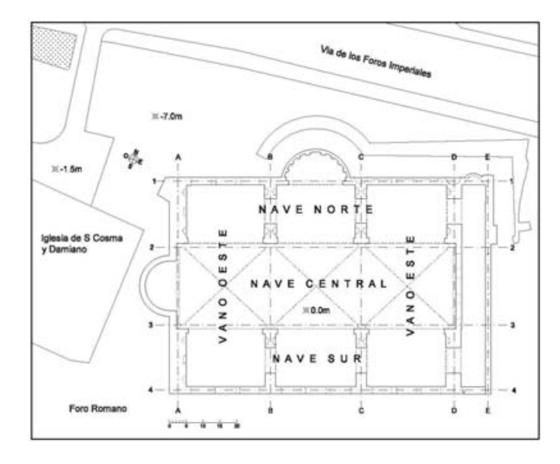


Figura 2
Planta guía de la Basílica de Majencio mostrando la orientación y ubicación en la Roma actual. A día de hoy permanece en pie la Nave Norte.

Apenas se sabe nada sobre este hundimiento. No existen pruebas que permitan confirmar ni la fecha ni las causas. A falta de crónicas que describan las causas del hundimiento, parece haber un consenso entre los estudiosos del tema de que el fallo fue provocado por terremoto (Albrecht y Döring-Williams 2010; Samuelli Ferretti 2005), pero este hecho nunca ha sido demostrado. Se sabe con certeza que el hundimiento parcial ocurrió en algún momento entre los siglos V y XV.[3] La reciente publicación de Albrecht y Döring-Williams (2010) aporta un análisis desde el estudio estratigráfico y la lectura de paramentos que defiende un colapso temprano que podría datar de finales de siglo V.



Figura 3
Fachada Norte de la Basílica de Majencio vista desde la vía de los Foros Imperiales (estacionamiento 1 de la campaña de mediciones). En la mitad derecha de la imagen se observa el daño sobre el muro oeste, que ha perdido su coronación, así como el sistema de tirantes instalado hace más de una década para favorecer la estabilidad de la bóveda oeste. Se muestran en la imagen los puntos de referencia empleados para el enlace de datos en el levantamiento topográfico (foto: Albuerne 2011).

Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico realizado en enero de 2011 con una estación total Leika Flexline TS06 5” Power Total Station se desarrolló a lo largo de 10 jornadas de trabajo, durante las que se recogieron más de 30.000 puntos. Con este levantamiento se perseguía obtener, por un lado, la geometría general del edificio y, por otro, las deformaciones de los principales elementos estructurales. Para ello se tomaron una planta detallada, secciones de las bóvedas, geometría de las fachadas y desplomes de los muros. Adicionalmente se tomaron datos de los arcos que atraviesan los muros de apoyo de las bóvedas de cañón (ejes B, D y D en Figura 2), así como del ábside en el lado norte y el contorno de la fractura sobre la bóveda occidental.

Para una estructura de las dimensiones de la Basílica de Majencio, inmersa en un área urbana y arqueológica densamente edificada y a escasos metros de construcciones elevadas que la ocultan desde numerosas líneas de visión, la complejidad del levantamiento residía en integrar las mediciones del exterior (fachadas norte y oeste) y del interior. Dicha integración se consiguió gracias a la utilización de puntos de referencia visibles desde el interior del edificio y desde la Vía de los Foros Imperiales. En la Figura 4 se puede ver el sistema de puntos de referencia empleado, incluyendo los dos estacionamientos vínculo, estacionamientos 3 y 4, que sirvieron para integrar las mediciones tomadas desde los 8 estacionamientos distintos. Deben usarse un mínimo de tres puntos de referencia para unir los datos tomados desde dos estacionamientos distintos. Dichos puntos no deben estar en un mismo plano vertical u horizontal. Este método se complementó con la superposición de la planta: desde cada estacionamiento se realizó un barrido de la planta visible que ha servido para comprobar la orientación relativa de los grupos de datos.

Con el fin de conocer las deformaciones de las bóvedas, se han tomado secciones de las mismas a lo largo de los nervios entre casetones y en ambos extremos de la bóveda junto a la nave central y junto a la cara interior de la fachada norte. Para los desplomes de los muros se han registrado líneas de desplomes a intervalos regulares a lo largo de todos los muros que soportan (o soportaron) bóvedas.

Deformaciones

Las deformaciones halladas en la Basílica pueden proporcionar valiosa información a cerca del diseño original, la construcción y los procesos mecánicos que el edificio ha experimentado.

Las deformaciones se han definido comparando la geometría medida en el levantamiento con una geometría de las bóvedas de cañón idealizada. Esta geometría idealizada se basa en el supuesto de que la sección de las bóvedas era una semicircunferencia perfecta, de diámetro igual a la distancia entre los muros paralelos tomada a nivel de suelo. La altura de los arranques de las bóvedas se ha definido tomando como referencia la interrupción del revestimiento de ladrillos en *opus latericium* —hiladas de ladrillos horizontales— que da paso al comienzo de los casetones y los nervios radiales de ladrillos. Este punto se ha determinado como el límite inferior de la capa de mortero que actualmente recubre el intradós de las bóvedas.

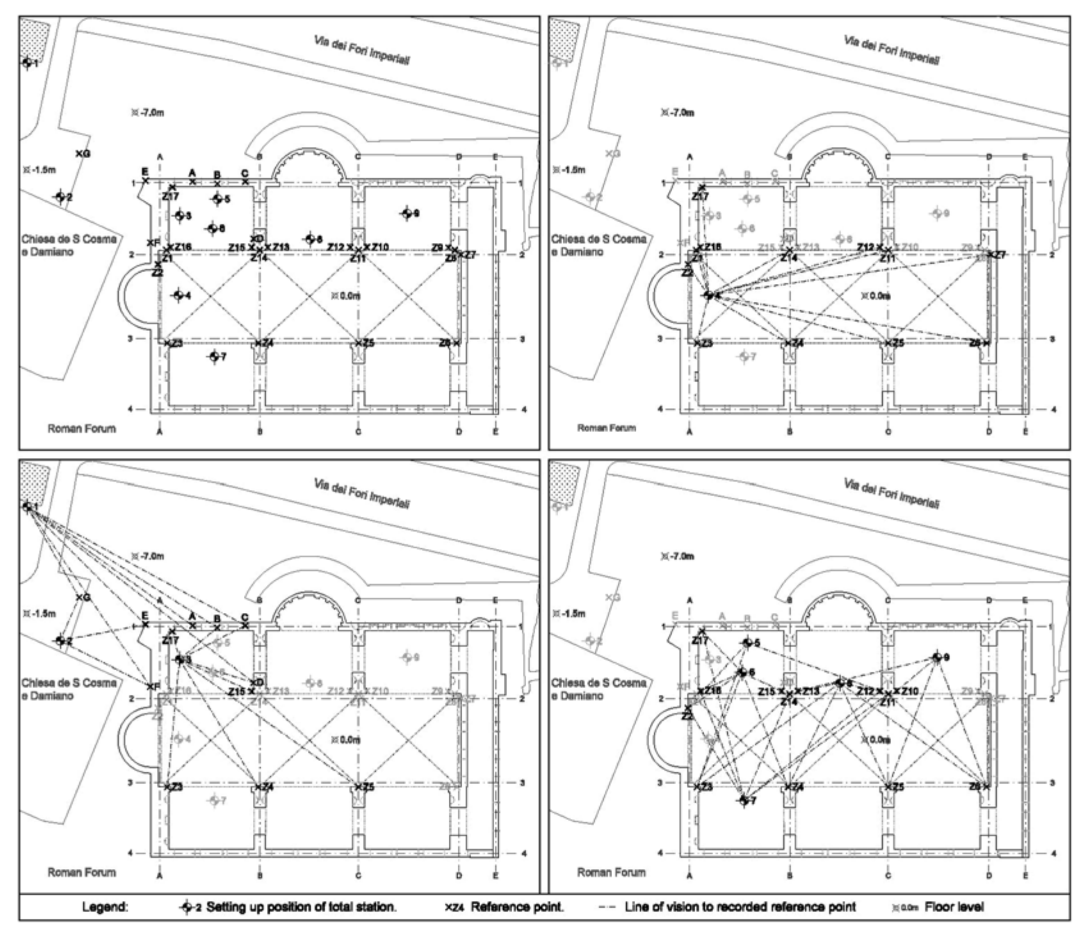


Figura 4

Posiciones de estacionamiento del equipo de medición y sistema de enlace de datos: a) estacionamientos y puntos de referencia; b) el estacionamiento 4, desde el que se visualizan la mayor parte de los puntos de referencia del interior del edificio, sirve de vínculo para todos éstos; c) las mediciones realizadas desde la calle se vinculan con el resto de los datos utilizando como enlace el estacionamiento 3 y los puntos de referencia tomados sobre las verjas de las ventanas de la bóveda oeste (puntos A, B y C) y sobre el muro del eje B (punto D); d) enlace de los estacionamientos interiores.

Desplomes de los muros

Se registraron los desplomes de los muros de carga a lo largo de toda su longitud, a intervalos regulares. El estado de conservación de los revestimientos de los muros en *opus latericium* supuso una complicación a la hora de evaluar los desplomes. A lo largo del edificio se encontraron tres estados posibles: estado original, estado restaurado con colocación de nuevos ladrillos o estado ruinoso con pérdida parcial o total del revestimiento. Las restauraciones, realizadas principalmente en las intervenciones de los años 1937 y 1958 (Amici 2001), consisten en sustituciones puntuales de piezas o incluso en la reconstrucción total del paramento exterior, hecho frecuente en los muros de la nave sur. Aquellos paramentos que han sido reconstruidos no ofrecen información fidedigna a cerca de los movimientos que ha sufrido el muro y esto debe ser tenido en cuenta al analizar los desplomes. La información

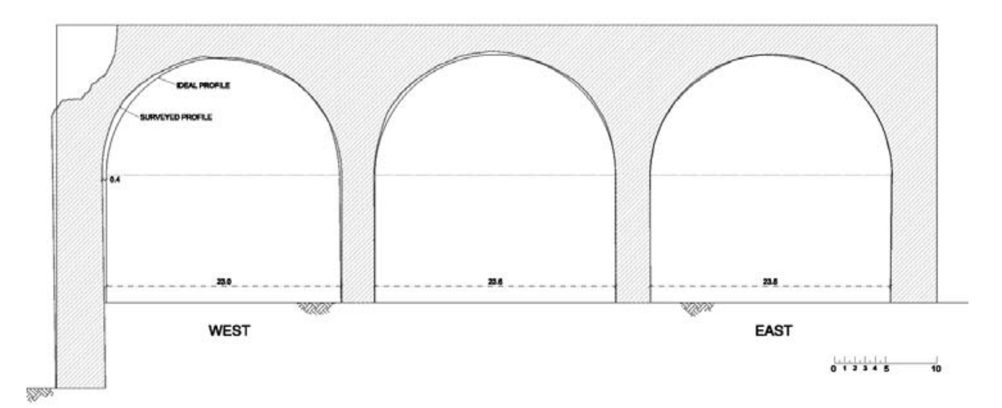


Figura 5
Nave norte: sección real vs. sección ideal. La sección real corresponde a los desplomes máximos registrados en la campaña de mediciones.

obtenida sobre los desplomes de los muros en los ejes B, C y D de la nave sur ha sido, por tanto, muy limitada.

Las deformaciones registradas se resumen en la Figura 5. En el caso de la nave sur, tan sólo en la fachada oeste se han obtenido mediciones significativas, puesto que el resto de los muros conservan muy excasa altura del *opus latericium* original.

Como se puede observar, los muros que han padecido mayores desplomes son aquellos que soportan la bóveda oeste de la nave norte. El muro de fachada se inclina hacia el exterior del edificio, en la dirección del empuje ejercido por la bóveda hasta un máximo de 0,40 m., lo que corresponde a una inclinación aproximada desde el pie del muro de 0,9º.

Deformaciones de las bóvedas de cañón

Las bóvedas de cañón, decoradas con casetones octogonales con alto y ancho total de unos 2,6 m, han sufrido notables daños y desgaste a lo largo de los siglos. Los nervios que discurren entre casetones están my deteriorados en algunas zonas, mientras que en otras han sido consolidados añadiendo capas de mortero. Este hecho, que dificulta considerablemente la evaluación de la geometría, afecta sobre todo a la bóveda oeste.

Por otro lado, los arcos de doble rosca de ladrillo construidos en el extremo interior de las bóvedas (ver Figura 6) presentan en las tres bóvedas un alzado que se aproxima notablemente a una semicircunferencia. No obstante, estos arcos han sido restaurados en una intervención reciente, de acuerdo con la lectura de paramentos realizada por Amici (2001), por lo que su geometría debe ser evaluada con precaución en el estudio de las deformaciones de las bóvedas de cañón. La transición entre estos arcos y el intradós de las bóvedas no presenta sobresaltos y existe una continuidad conseguida gracias al mortero con el que se han recubierto las bóvedas. Sin embargo, las mediciones muestran que el perfil semicircular no se mantiene a lo largo de las bóvedas. Existen dos discrepancias importantes que serán evaluadas de manera independiente.

En primer lugar, se aprecian considerables diferencias al superponer los perfiles de los arcos con los



Figura 6
Arco de doble rosca de ladrillos bipedales enmarcando las bóvedas de cañón en la cara interior de la nave norte, bóveda oeste (foto: Albuerne 2011).

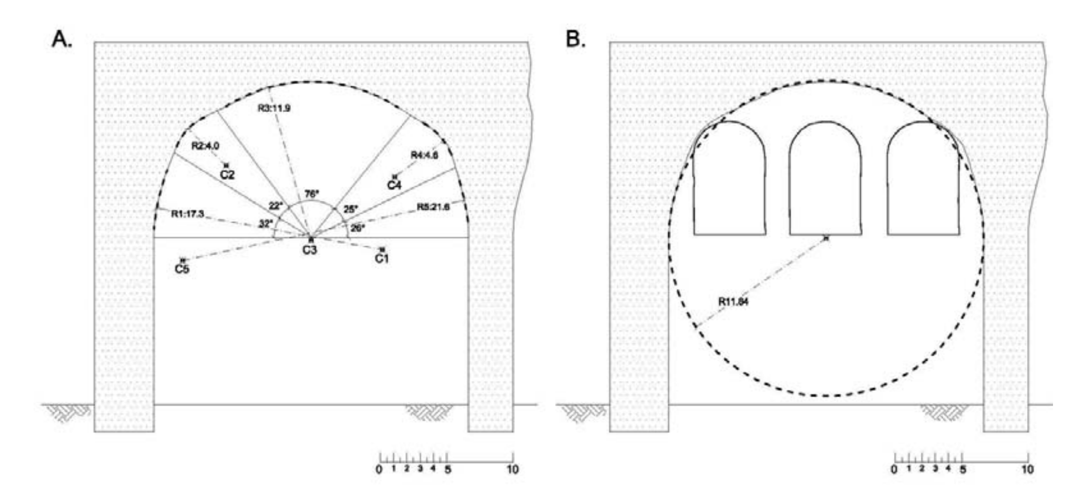


Figura 7
Deformaciones observadas en el vano este de la nave norte, junto al muro de fachada: A análisis de la geometría registrada; B proyección de geometría ideal y compración con posición de los huecos de fachada.

perfiles de las bóvedas en su extremo opuesto junto a la fachada norte (ver Figura 6). Junto a la fachada las tres bóvedas presentan unas deformaciones que han llamado la atención de investigadores en estudios recientes (Lancaster 2005; Albrecht 2009). Lancaster explica estas deformaciones como el resultado de cedimientos en las cimbras durante el proceso constructivo, generados por el peso propio y el empuje de las sucesivas capas de hormigón fresco. Esta conjetura se discute en más profundidad en el apartado siguiente.

En segundo lugar, el caso de la bóveda oeste presenta otra serie de deformaciones a lo largo de la bóveda que difieren tanto del alzado de los arcos como de la sección junto a la fachada norte. Estas deformaciones, la respuesta a cuya geometría se busca en la formación de mecanismos en la estructura, se trata en el último apartado.

Deformaciones atribuibles/debidas al proceso constructivo

Las deformaciones medidas en las bóvedas de cañón se deben fundamentalmente a dos causas: al proceso constructivo y al comportamiento estructural bajo cargas estáticas y dinámicas experimentadas a lo largo de la vida del edificio.

Las estructuras abovedadas construidas con materiales de escasa resistencia a tracción trabajan a compresión, generando un empuje horizontal que debe ser contrarrestado por los estribos. La manera en la que estas estructuras se acomodan a movimientos en sus apoyos o a empujes excesivos es mediante la movilización de mecanismos: se forman rótulas, quedando la estructura dividida en bloques, y las deformaciones ocurren por rotación relativa de dichos bloques, que permanecen esencialmente rígidos, siendo los deslizamientos relativos mucho menos frecuentes (Heyman 1995, 15). Las deformaciones por causas mecánicas vendrán, por lo tanto, acompañadas de rotaciones en los muros de apoyo, lo cual permite identificar con claridad estas deformaciones y distinguirlas de aquéllas que hayan sido motivadas por otras causas.

En el levantamiento de la Basílica se ha observado que el vano este de la nave norte no presenta rotaciones en los muros (desplomes de 0,0 m), por lo que las notorias deformaciones observadas en la bóveda no pueden responder a un comportamiento mecánico de este tipo. De esto se deduce que las deformaciones existentes junto a la fachada norte han de ser resultado de otros procesos.

La construcción de las mayores bóvedas de cañón de la Antigua Roma

Las deformaciones existentes en torno a los riñones de las tres bóvedas de cañón de la nave norte junto a la fachada requieren una explicación. Analizando la sección de la bóveda este tomada en el levantamiento topográfico, se observan tres partes, teniendo en cuenta simetría respecto a la clave (ver Figura 7). Comenzando desde los arranques, los 30º (aprox.) inferiores de la bóveda siguen una curvatura menor a la de la sección semicircular ideal, con un radio considerablemente mayor que el ideal de 12 m. Por encima se encuentra una segunda parte con una curvatura mucho mayor que cubre un ángulo de unos 25º. Por último, en torno a la clave de la bóveda se observa una sección de unos 76º cuya curvatura se aproxima a la ideal, con un radio aproximado que ronda los 12 m.

¿A qué se deben estas variaciones en curvatura? Se ha argumentado que responden a cedimientos de las cimbras bajo el peso propio del hormigón (Lancaster 2005, Figura 26). Profundizando en esta hipótesis se ha comprobado que la geometría real no se corresponde con las deformaciones que cabría esperar en una cimbra escarzana, como se estima que serían las cimbras que se emplearon en la Basílica.[4]

Como evidencia de nuestro argumento contra la hipótesis de deformaciones en la cimbra, se ha comprobado que la sección real tiene mayor longitud que una semicircunferencia de diámetro igual a la distancia entre los muros de apoyo de la bóveda. La longitud de una semicircunferencia de 11,84 m de diámetro es 37,10 m, frente a los 37,55 m de la sección real. En el caso de que una cimbra se deforme bajo cargas gravitatorias, los elementos de madera del cordón superior de la misma estarían sometidos a cargas de compresión, por lo que experimentarían acortamientos, generando una sección real de menor longitud que la sección ideal.

Por otro lado, es posible también descartar la hipótesis evaluando las tensiones en la madera. La diferencia en longitud de las secciones aumenta al considerar el uso de una cimbra escarzana, como era habitual en la construcción de bóvedas de cañón de *opus caementicium* en la Roma antigua. Considerando que se haya construido sin cimbra al menos la primera hilada de casetones (más adelante se argumentará que fueron dos las hiladas construidas sin cimbra), los arcos cubriendo los 15º inferiores no formarían parte de la cimbra. Como resultado, tendríamos una longitud ideal de la sección construida con cimbra de 31,00 m, frente a los 31,46 m reales. Esto equivale a una deformación unitaria de $15{,}33 \times 10^{-3}$, lo cual es un valor excesivo para la madera, pues supondría una tensión paralela a la fibra de entre 100 y 150 N/mm^2, según el tipo de madera.

Se propone una nueva explicación alternativa para las deformaciones. Existe evidencia de que el muro de fachada norte fue construido antes que las bóvedas. Tal como nos dice Albrecht (2009), los arcos de ladrillo que dan forma a las ventanas en la fachada se encuentran parcialmente ocultos desde el interior por las propias bóvedas (ver Figura 8), por lo que dichos huecos se encontraban ya presentes en el momento de levantar las bóvedas. En la Figura 7 se aprecia cómo el intradós de la bóveda este, proyectado sobre el muro norte, abandona su forma ideal semicircular para rodear las ventas y evitar obstruirlas. Las zonas de excesiva curvatura se



Figura 8
Intradós de las bóvedas de los vanos este y oeste de la nave norte mostrando las deformaciones junto a la fachada norte (fotos: Albuerne 2011).

corresponden perfectamente con la parte superior de las ventanas. Lo mismo sucede en la bóveda oeste.

La presente investigación propone, por tanto, que la forma de las bóvedas junto a la fachada norte se debe a una discrepancia entre el replanteo de las ventanas y el de las bóvedas. Las ventanas de la fachada se sitúan, o bien excesivamente altas, o bien excesivamente separadas, para poder después construir las bóvedas que hoy vemos. No es posible, a falta de las bóvedas de la nave sur, concluir si el error radicaba en el replanteo de ventanas o bóvedas, pero lo que se puede apreciar en la nave norte es que el mismo error está presente en las tres bóvedas de cañón, y que esta geometría se corrige a lo largo de las bóvedas.

Examinando la geometría de la sección parece una opción plausible que se construyera sin cimbra hasta la segunda hilada de casetones (ésta inclusive), i.e. los primeros 30º. Es a esta altura donde la geometría cambia notablemente (ver Figura 7a).[5] La cimbra necesaria para la construcción de bóvedas de este tamaño hubo de ser un reto en sí misma, y muy probablemente un factor limitante a la hora de determinar el tamaño máximo de bóveda que era posible construir, tanto desde el punto de vista tecnológico como económico. Al construir sin cimbra tanto como fuera posible del arranque de las bóvedas se conseguía reducir las exigencias de la cimbra considerablemente, al reducir tanto la luz como las cargas que ha de soportar. Una primera aproximación al problema ha permitido estimar que el momento flector máximo que experimentaría una cimbra escarzana que arranca sobre la segunda hilera de casetones es aproximadamente la mitad que aquél que experimentaría una cimbra semicircular completa.[6]

Por otro lado, la construcción sin cimbra de las partes inferiores de la bóveda no suponía grandes dificultades desde el punto de vista estructural, si bien era necesario el uso de estructuras temporales para aguantar los encofrados y las formas de los casetones. Estas estructuras secundarias se retirarían una vez que el *opus caementicium* había ganado resistencia y se había consolidado en torno a la *caementa* o árido de manera que esta no pudiera desprenderse localmente. La estabilidad general de la geometría en voladizo no suponía un problema. Por último, el cortante generado era moderado, resultando en un valor máximo de 0,015 N/mm2, frente a la resistencia de 0,10 N/mm2 que Giavarini y Samuelli Ferretti (2006) han estimado experimentalmente para el *opus caementicium* de la Basílica de Majencio.

Impacto estructural de los errores de la geometría construida

La línea de empuje mínimo de una bóveda de cañón es tangente al extradós en la clave y al intradós en un punto por encima de los riñones, en la región en la que en nuestro caso se observan las deformaciones en torno a las ventanas descritas en la Figura 7. Es lícito preguntarse si estas alteraciones en la geometría tienen un impacto en la estabilidad de las bóvedas. En la Figura 9 se muestran las líneas de empuje mínimo para las geometrías ideal y real, pudiendo observarse cómo la línea de empujes en la geometría real es tangente al intradós a la altura de las deformaciones. El empuje mínimo resultante es 10% mayor que el obtenido para la geometría idealizada.

El efecto de esta geometría alterada es de magnitud comparable al efecto de la reducción de peso propio que introducen los casetones en la bóveda. Hoy en día no cabe duda de que los romanos eran conscientes de la importancia del peso propio en la estabilidad de las estructuras abovedadas. Es un hecho contrastado que trabajaban con diferentes áridos o *caementa* para controlar la densidad del hormigón, y

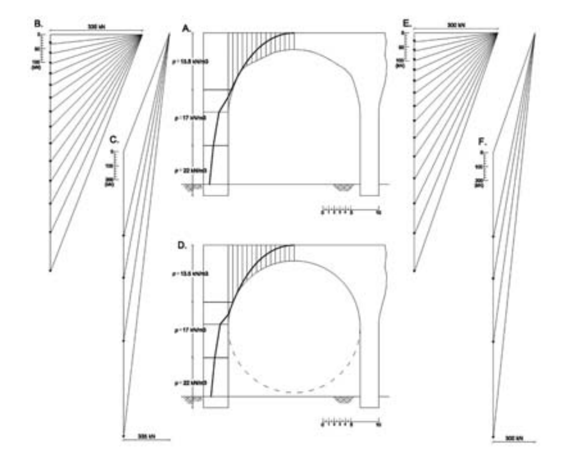


Figura 9
Análisis límite de las geometrías real e ideal de la bóveda de cañón oriental. A) línea de empujes para la sección real; B) polígono de fuerzas correspondiente a la bóveda con geometría real; C) polígono de fuerzas para el estribo, geometría real; D) línea de empujes para la sección ideal; E) polígono de fuerzas correspondiente a la bóveda con geometría ideal; F) polígono de fuerzas para el estribo, geometría ideal.

empleaban aquellas densidades menores en las partes más elevadas de las bóvedas. Por otro lado, ya en el siglo I d.C. (Villa de Domiciano, 81-96 d.C.) utilizaban artesonados como decoraciones en el intradós de bóvedas y cúpulas de *opus caementicium*. Los casetones se embebían en la estructura y servían dos fines, pues, a la vez que decoraban, reducían el peso de la estructura sin reducir el espesor mínimo de la bóveda. En el caso de la Basílica de Majencio, el volumen de cada casetón es aproximadamente 2,5 m^3. Cada bóveda tiene 12 hileras de casetones con 5 casetones cada una, lo que supone un volumen hueco total de 150,0 m3, que es aproximadamente un 10% del volumen total de la bóveda, y, por tanto, en torno al 10% de su peso. Esta reducción en peso se traduce en una reducción en igual proporción del empuje horizontal de la bóveda.

Deformaciones atribuibles/debidas al comportamiento mecánico

Tal como se explica en el apartado anterior, los movimientos generados en una bóveda por exceso de cargas o por movimientos en las cimentaciones implican la movilización de mecanismos que resultan en rotaciones de los muros de apoyo.

Los desplomes de los muros que soportan las bóvedas de cañón son muy pequeños en los vanos este y central, pero no en el vano oeste. Aunque dichos pequeños desplomes pueden generar grietas y relajaciones en el empuje (Huerta 2008), las deformaciones que generan en las bóvedas son igualmente pequeñas y por lo tanto muy difíciles de identificar en el caso de la Basílica por las limitaciones citadas anteriormente. La magnitud de los desplomes en el vano oeste sí es apreciable y a continuación se estudia el impacto de los mismos en las deformaciones de la correspondiente bóveda.

La bóveda oeste de la nave norte

La Basílica de Majencio está construida sobre un terreno natural en pendiente, con una diferencia de nivel máximo de aproximadamente 8 m entre la esquina sureste y la noroeste, siendo esta última la que se sitúa a la cota inferior. La altura de los muros es un factor crucial para la estabilidad de la estructura, y por tanto el punto crítico del edificio desde el punto de vista estructural es el vano oeste.

Si bien los ingenieros romanos construyeron el muro de fachada oeste con un espesor mayor que su homólogo de la fachada este (5,0 m vs. 4,5 m aprox.), este incremento de espesor no fue suficiente para proporcionar a las bóvedas del vano oeste el mismo grado de estabilidad que a las del este. Las investigaciones de Amici (2005, sec. 2.6, Figura 2.41) han concluido que ya durante el proceso constructivo se observaron movimientos en las bóvedas occidentales, en particular en la nave norte, construida sobre el nivel más bajo del terreno. Esto llevó a la introducción de elementos de contrarresto adicionales: junto al contrafuerte en la esquina noroeste que se apoyaba sobre el vecino Templo de la Paz, al núcleo de escaleras externo junto a la nave sur y al ábside que completaba la nave central, se construyó un segundo contrafuerte de dimensiones algo menores. Los importantes daños apreciables en la bóveda noroeste —grandes fisuras y deformaciones—, así como los desplomes medidos en los restos del muro oeste al sur del ábside, demuestran que, efectivamente, el vano oeste resultó ser el punto más débil de la estructura.

El análisis cinemático de las deformaciones de la bóveda noroeste se puede ver en la Figura 10. El análisis ha permitido relacionar los desplomes de los muros exterior e interior de la bóveda con las consecuentes deformaciones en la propia bóveda. Ambos muros están desplomados hacia el oeste, pero su desplazamiento horizontal máximo difiere. El mecanismo propuesto es de cuatro ejes -siendo uno el terreno y, por tanto, fijo— y cuatro rótulas, como se refleja en la Figura 10. Puesto que los desplazamientos horizontales de los muros no coinciden, el mecanismo exige que se haya producido deslizamiento en al menos una de las rótulas. Se ha optado por concentrar el deslizamiento en la rótula situada en la clave, obteniendo una sección deformada de la bóveda que se asemeja notablemente a la sección real de la bóveda.

En la Figura 10a se muestra el análisis estático de la bóveda en su estado actual —empleando la sección crítica— bajo su peso propio. Como se puede apreciar, el empuje lateral es muy crítico y la bóveda no dispone de un amplio margen de seguridad. Esto nos ofrece una explicación convincente para el desplome del muro de fachada. Sin embargo, para explicar los desplomes del muro interior haría falta un

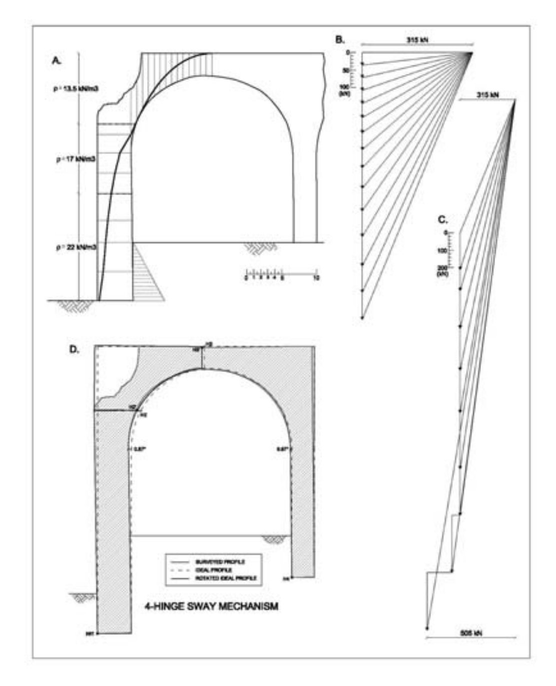


Figura 10
Análisis cinemático y análisis límite de la bóveda oeste

análisis más exhaustivo que contamplara el comportamiento de la estructura bajo otras cargas plausibles, como cargas inerciales horizontales generadas por un movimiento sísmico.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis de las deformaciones de la Basílica de Majencio registradas durante la campaña de medición con estación total, se concluye que dichas deformaciones se deben a dos causas principales: el proceso constructivo y el comportamiento mecánico de la estructura.

En lo que se refiere al proceso constructivo, se propone una nueva explicación para las acentuadas deformaciones que existen en las tres bóvedas de la nave norte junto a la fachada: se deben a un error en el replanteo, de manera que las ventanas de la fachada, construidas en primer lugar, interferían con la geometría de la bóveda —que idealmente sería semicircular—. Esto obligó a modificar la sección de las bóvedas al aproximarse a la fachada para no ocultar las ventanas. Esta alteración del diseño original, que podría parecer de pequeña importancia, resultó en un aumento del empuje horizontal de más del 10% con respecto a la sección idealizada semicircular.

Los desplomes de los muros de apoyo de las bóvedas pueden atribuirse a la movilización de ciertos mecanismos en la estructura del edificio. En concordancia con esto, en la Basílica se han registrado desplomes en el punto más crítico: el vano oeste. Las deformaciones se han contrastado con el análisis límite bajo el peso propio de la estructura. Es necesario ampliar este estudio para incluir otros posibles mecanismos causados por cargas laterales, como por ejemplo cargas inerciales durante un terremoto.

Agradecimientos

Los autores de este artículo quieren expresar su agradecimiento a la Dra. Janet DeLaine (Universidad de Oxford) y al Prof. Santiago Huerta (UPM, Madrid) por las fructíferas conversaciones que han dado pie al presente estudio. Los autores agradecen también al Dr. Pierre Smars (National Yunlin University) y a la Dra. Ana López Mozo (UPM, Madrid) por la ayuda prestada en la planificación de la campaña de mediciones realizada en enero de 2011, así como a Louise Ellis (Universidad de Oxford) por sus participación en la misma. Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo de la Soprintendenza Archeologica di Roma, y en particular del arquitecto Giuseppe Morganti, y agradecemos el tiempo y el esfuerzo que nos han dedicado.

Notas

1. La gran obra maestra del hormigón romano, la cúpula del Panteón de Roma (123-125 d.C.), había sido construida casi dos siglos antes. El uso de *caementa* o árido de distinta densidades era una práctica contrastada por el éxito de numerosas construcciones (Villa Adriana, Termas de Caracalla, Panteón...) (Lancaster 2005). La construcción en hormigón romano tenía una fuerte dependencia en la carpintería y gran parte de los retos constructivos se centraban en la posibilidad de fabricación de las cimbras y encofrados necesarios (DeLaine 1997).

2. La tipología tradicional de basílica civil romana (Basílica Emilia 179 a.C., Basílica Julia 54 a.C., Basílica Ulpia 112 d.C.) consistía en un espacio de planta rectangular organizado en naves divididas por hileras de columnas que soportaban una cubierta a base de cuchillos o cerchas de madera. La nave central es más amplia y alta, mientras que las laterales, mucho más estrechas, quedan enmarcadas por las hileras de columnas.
3. Amici (2005, 68) nos habla de una primera descripción de los restos de la Basílica de Majencio a cargo de Poggio Bracciolini en el año 1435, por lo que su hundimiento tuvo que ocurrir con anterioridad a esta fecha. Bracciolini identifica los restos como *Templum Pacis*, proporcionándoles una identidad errónea que sólo será resuelta en 1818 por Nibby.
4. Los autores que han estudiado el proceso constructivo de la Basílica (Amici 2005, 156; Albrecht 2009, Figura 7) están de acuerdo que los arranques de las bóvedas de cañón se construyeron sin cimbra. DeLaine (1997, 166-168) describe técnica de empleo de cimbras rebajadas por encima de los 30º inferiores de las bóvedas como práctica extendida en la construcción de bóvedas de cañón. Más aún, DeLaine argumenta a favor de la pericia de los carpinteros romanos, que tenían muy presente que una cimbra debía evitar en el mayor grado posible las deformaciones bajo el peso de la bóveda. En vista a sus argumentos, en un proyecto de la calidad de la Basílica de Majencio, resultaría sorprendente que las cimbras se deformaran repetidamente en una y otra bóveda, sin que los carpinteros hallaran una solución al problema.
5. Esta observación concuerda con la opinión de DeLaine (1997, 166) sobre la construcción generalizada de bóvedas de cañón (ver nota 4).
6. El cálculo se ha realizado considerando únicamente cargas verticales debidas al peso propio del *opus caementicium*, sin tener en cuenta los posibles empujes laterales que éste pueda generar. Una segunda simplificación implementada ha sido la consideración de un único estado de carga en el que actúa la totalidad del peso propio, mientras que en la realidad el hormigón se añadía por capas y las zonas inferiores comenzaban a ganar resistencia progresivamente, de manera que la cimbra en ningún momento debía aguantar todo el peso de la bóveda.

Lista de referencias

Albrecht, Luise 2009. An insight into the Vaulting Process in the Roman Period: A One-Off Case or a Standard Construction Method? En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, Cottbus, 2009, 23-30.

Albuerne, Alejandra 2010. The Stability of the Basilica of Maxentius in Rome. En *Advanced Materials Research*, Vols. 133-134, 325-30.

Amici, Carla Maria 2001. *Basilica di Massenzio. Rilievo strutturale di dettaglio: mappatura delle superfici murarie*. Roma: CISTeC, Ministero per i Beni e le Attivit'a Culturali. Soprintendenza Archeologica di Roma.

Amici, Carla Maria 2003. L'iter progettuale e costruttivo nel contesto storico topografico. En *Atti del Convegno su La Basilica di Massenzio. Ricerca interdisciplinare applicata allo studio e alla conservazione di un monumento*. Editado por C. Giavarini. Roma: CISTeC.

Amici, Carla Maria 2005. From Project to Monument. En *The Basilica of Maxentius. The Monument, its Materials, Construction and Stability*, editado por C. Giavarini, 21-74. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Choisy, Auguste [1873] 1999. *El arte de construir en Roma*. Editado por S. Huerta y J. Girón. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

DeLaine, Janet 1997. *The Baths of Caracalla. A study in the design, construction and economics of large-scale building projects in Imperial Rome.* Portsmouth, Rhode Island: Journal of Roman Archaeology.

Döring-Williams, Marina y Luise Albrecht 2010. Die Maxentiusbasilika als Ruine in Spätantike und Mittelalter. En *Mittelalterliche Architektur - Bau und Umbau, Reparatur und Transformation: Festschrift für Johannes Cramer zum 60. Geburtstag*. Editado por J.H. Humphrey. Berlin: Michael Imhoff.

Giavarini, Carlo et al. 2006. Mechanical characteristics of Roman 'Opus Caementicium'. En *Fracture and Failure of Natural Building Stones*, editado por S. Kourkoulis, 107-120. Dordrecht: Springer.

Heyman, Jacques [1995] 1999. *El esqueleto de piedra.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Huerta, Santiago y Gema López Manzanares 1996. *Informe sobre la estabilidad de la iglesia de Guimarei*. Madrid: Departamento de Estructuras de Edificación. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

Huerta, Santiago 2008. The Analysis of Masonry Architecture: A Historical Approach. En *Architectural Science Review*, Vol. 51.4: 297-328.

Lancaster, Lynne 2005. *Concrete vaulted construction in Imperial Rome: Innovations in context*. Cambridge: Cambridge University Press.

Minoprio, Anthony 1932. A restoration of the Basilica of Constantine, Rome. En *Papers of the British School at Rome*, Vol. 12.

Samuelli Ferretti, Alessandro 2005. The structures of the Basilica. En *The Basilica of Maxentius. The Monument, its Materials, Construction and Stability*, editado por C. Giavarini, 161-225. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Sistema hidráulico na arquitectura gótica em Peninsular

Ana Patrícia R. Alho

A comunicação decorre da tese de doutoramento que desenvolvemos: «O sistema hidráulico na arquitectura sacra gótica em Portugal dos séculos XIII a XV».[1] Partindo do conceito de uma arquitectura entendida, como um conjunto articulado de sistemas, propomonos a realizar um estudo ao sistema hidráulico superior, que tem por universo a arquitectura religiosa do gótico português. Faremos a comparação de alguns sistemas hidráulicos, presentes no caso português com exemplos europeus, sendo que para esta conferência, pretendemos limitar a nossa análise: Batalha, Guarda, Salamanca e Valladolid.

O sistema hidráulico na arquitectura sacra gótica em Portugal dos séculos XIII a XV

O projecto de investigação intitulado: «O sistema hidráulico na arquitectura sacra gótica em Portugal dos séculos XIII a XV», parte de um conceito de arquitectura entendida como um conjunto articulado de sistemas que, faseadamente, constituem a preocupação do mestre construtor. O sentido da arquitectura gótica portuguesa e das suas soluções técnicas, ganha um novo enfoque se for analisado deste ponto de vista, sistema por sistema, solução por solução, até à cabal compreensão do edifício como uma unidade orgânica funcional. O sistema hidráulico é um subsistema arquitectónico, que pode ser compreendido atendendo ao seu duplo desenvolvimento: Um primeiro que se refere à água potável, ao nível do solo (Sistema hidráulico inferior), e um segundo que compreende as águas pluviais (Sistema hidráulico superior). No entanto, nestes dois subsistemas deparamo-nos com três aspectos comuns com elevada importância para a funcionalidade de qualquer edifício: Captação, distribuição e evacuação. Existe também uma articulação entre estes dois subsistemas, condicionando a organização arquitectónica do edifício. O sistema hidráulico é sem dúvida fundamental para o bom funcionamento dos edifícios, visto tratar-se de um vasto conjunto de elementos que constituem um sub – sistema da organização arquitectónica geral do edifício: Coberturas, caleiras de escoamento, gárgulas, roços em contrafortes, canalizações no solo, entre outros. Todo o sistema hidráulico, demonstra uma elevada complexidade e cuidado, desde sempre que uma das primordiais preocupações do arquitecto ao conceber o edifício, foi conduzir as águas pluviais para o exterior da zona coberta, sendo também uma das grandes preocupações demonstradas aquando dos restauros efectuados nos edifícios ao longo dos anos. Dividimos o estudo em cinco grandes capítulos, o primeiro diz respeito à análise da arquitectura sacra gótica portuguesa compreendida entre os séculos XIII e XV. Optamos por seguir a ordem cronológica enunciada por Pedro Dias, no estudo sobre a arquitectura gótica portuguesa (Dias 1994), o que nos levou a dividir o território nacional em sete partes: Entre-Douro e Minho, Trás-os-Montes, Beira, Estremadura, Além-Tejo, Algarve e o Arquipélago da Madeira.

No segundo grande capítulo, focaremos a nossa atenção para os restauros efectuados nos edifícios pela Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais e pelo Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico. Este é um ponto com muita importância visto que os restauros e as ampliações dos edifícios, feitos ao longo do tempo modificaram, de um modo por vezes extraordinário, tanto a aparência das gárgulas como também a sua funcionalidade, modificando a alterando os sistemas hidráulicos correspondentes.

No terceiro capítulo iremos analisar e comparar os diversos sistemas hidráulicos na arquitectura gótica portuguesa com os casos europeus, mais especificamente em edifícios presentes em Espanha (Catedral de Salamanca, Valladolid, S. Tomás de Ávila, Catedral de Toledo, Santiago de Compostela, Catedral de Sevilha e Catedral de Santa Eulália de Barcelona), França (Catedral de Notre Dame, Sant Dinis, Charters e Reims), Inglaterra (Catedral de York, Abadia de Westminster) e Itália (Catedral de Milão e Santa Maria del Fiore em Florença)), de modo a identificar e compreender a originalidade e a complexidade dos sistemas hidráulicos presentes na arquitectura gótica portuguesa, as suas filiações, técnicas e tipologias.

No último capítulo analisaremos a evolução dos sistemas hidráulicos na arquitectura gótica portuguesa, não esquecendo a migração de mestres e das suas técnicas.

O Sistema hidráulico superior. Uma comparação

Na nossa comunicação decidimos apresentar alguns exemplos do sistema hidráulico superior, assim sendo analisámos quatro edifícios: Mosteiro de Santa Maria da Vitória, Catedral da Guarda, Catedral de Salamanca e Santa Maria de la Antigua em Valladolid.

Catedral da Guarda

Com a conclusão do trabalho de campo encontramos duas soluções hidráulicas superiores: A primeira corresponde às naves da igreja onde as águas caiem nos terraços são distribuídas pelas gárgulas que as depositam nas taças (Estas taças não são esculpidas num bloco único de pedra, mas sim escavadas no arranque do arcobotante, isto porque a pedra utilizada na construção da Catedral da Guarda é uma pedra diferente da utilizada em Santa Maria da Vitória, tratando-se de uma pedra menos maneável) na pedra e daí são enviadas para os arcobotantes que as depositam num segundo nível de gárgulas e dai vão para o exterior (Após a campanha de restauro levada a cabo no século XX, foram colocadas nas bocas das gárgulas tubagens em ferro para enviar as gárgulas directamente para o solo).

Na segunda solução as águas caiem nos terraços que são distribuídas pelas gárgulas e dai expulsas para o exterior do edifício.

Em 1986 realizou-se uma intervenção ao sistema hidráulico, sendo colocadas goteiras metálicas neu-





Figuras 1 y 2
Catedral da Guarda

tralizando assim a função das gárgulas existentes no 1º registo. Dentro da boca de todas as gárgulas, existe um tubo metálico para direccionar melhor as águas pluviais.

Na década 90 do século XX foi realizada uma limpeza exterior da catedral sendo feito um arranjo urbanístico que foi realizado incorrectamente, pois existem actualmente problemas de infiltração de água na Porta Manuelina. Nos terraços foi colocada uma «Caixa-de-Ar» de forma a evitar o congelamento das águas pluviais em épocas de neve.



Figura 3
Catedral da Guarda

É de notar que as gárgulas em canhão estão viradas para Castela bem como uma gárgula em forma de «rabo».

Mosteiro de Santa Maria da Vitória

Encontrámos três soluções hidráulicas, sendo que uma primeira consiste no envio das águas dos telha-



Figura 4
Catedral da Guarda

dos para um primeiro nível de gárgulas, que depositam as águas numas taças que vão guiar as mesmas para os arcobotantes e finalmente são conduzidas para um segundo nível de gárgulas que as lançam para fora do edifício, ou para um segundo terraço, de onde será posteriormente enviado para o exterior. É ter em conta o facto de existirem dois tipos de taças: Um primeiro que diz respeito às taças que se encontram no transepto da igreja, que são taças quadradas

Nº de Gárgulas	*Localização no edifício*
10	Torreões
2	Fachada
4	Varandim direito ao portal principal
5	Varandim esquerdo ao portal principal (No primeiro nível existem três gárgulas em pedra e no segundo duas em ferro)
10	Igreja (Cinco em cada lado) – No segundo nível não são utilizadas devido á substituição por goteiras de zinco)
12	Arcobotantes (Quatro no lado direito da igreja e oito no esquerdo)
3	Varandim ao lado do portal secundário







Figuras 5, 6 y 7
Mosteiro de Santa Maria da Vitória

e um segundo que dizem respeito às taças que se encontram no Claustro de D. Duarte, estas são redondas com carrancas que a circundam. Outro dos pontos importantes nesta solução, é que os arcobotantes da igreja estão rasgados por uns canais que conduzem as águas de uma gárgula para outro, no caso da capela do fundador, os arcobotantes não são rasgados por canais, mas sim decorados e finalmente na capela de D. Duarte também não se verifica.

Na segunda solução, deparámo-nos com as águas que são conduzidas dos telhados para as gárgulas e posteriormente para fora do edifício.

Por último, a terceira solução é composta por águas que são enviadas dos telhados para canais, conduzindo-as para as gárgulas e finalmente para fora do edifício.

Quanto ao sistema hidráulico inferior, o exemplo Batalhino foi analisado pelo Professor Virgolino Ferreira Jorge, quando do Simpósio Internacional *Hidráulica Monástica e Moderna* no ano de 1993 (Mascaranhas 1996), mais recentemente foi aborda-

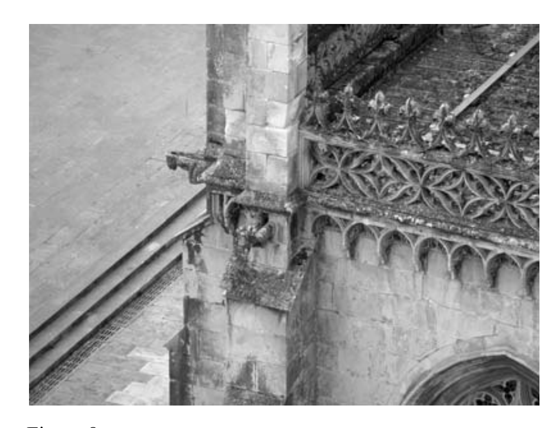


Figura 8
Mosteiro de Santa Maria da Vitória

Nº de Gárgulas	Localização no edifício
4	Lavatório
10	Passagem entre o claustro de D. João I e o claustro de D. Afonso V com goteiras (Seis para o claustro de D. João I e quatro para o claustro de D. Afonso V)
7	Coruchéu
8	Nas capelas de D. Duarte, quatro arcobotantes com taças redondas.
40	Existem para o exterior quatro gárgulas em cada uma das capelas (Que são sete) que compõem as capelas de D. Duarte e os triângulos (Que são seis) com duas gárgulas cada
32	Igreja (São oito de cada lado) com taças quadradas.
16	Na capela do Fundador existe um sistema igual à das capelas de D. Duarte (Taças redondas) e às da igreja (Taça quadrada) com a utilização do arcobotante como auxiliar do sistema hidráulico. No entanto na capela do Fundador esta não tem qualquer taça nem canal rasgado no arcobotante tratando-se assim de um efeito mais decorativo do que funcional. Existem oito arcobotantes e dezasseis gárgulas.
22	Claustro de D. João I
4	Claustro de D. Afonso V

do pelo olhar crítico de Alice Alves no âmbito dos serviços prestados à empresa *Restauromed – Medições e Orçamentos de Construção Civil, Lda.*, editando um artigo na Revista *Artis*, intitulado «Debaixo do Chão. Novos dados sobre o sistema hidráulico do Mosteiro de Santa Maria da Vitória-Batalha» (Alves 2009). Virgolino Ferreira Jorge divide o sistema hidráulico do Mosteiro de Santa Maria da Vitória em quatro fazes:

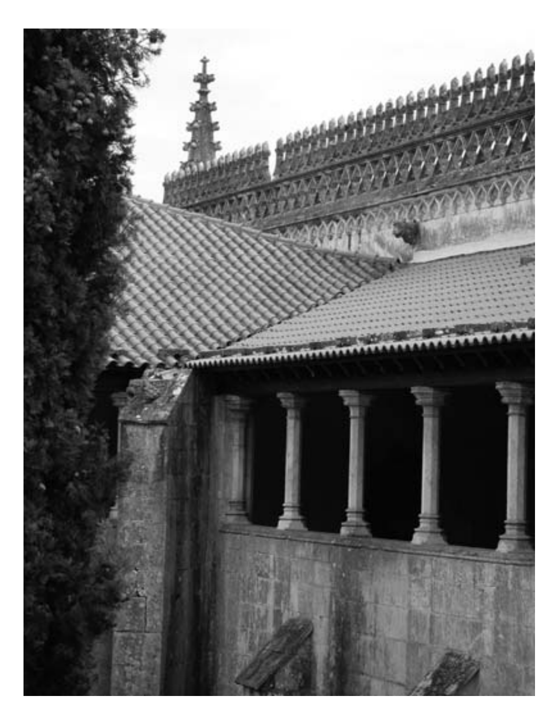


Figura 9
Mosteiro de Santa Maria da Vitória

1. Captação – O convento é abastecido de água potável a partir das captações efectuadas na aldeia da Jardoeira, acerca de 0,900km a noroeste da Vila da Batalha. O traçado exacto da mina e o sítio das duas mães-d'água são bem conhecidos, ficam junto ao Casalinho de Santo António, mantendo-se inesgotáveis e sendo de lá que parte a água para o lavado do claustro real do mosteiro. A mina, aberta a uma profundidade de 5,55m do nível da superfície terrestre e à cota topográfica de 105,05m, tem uma extensão rectilínea de 90,00m até atingir a mãe-d'água mais próxima. A primeira mãe-d'água é um poço com capacidade de armazenamento subterrâneo de grande volume de água, enquanto que a segunda, está distanciada a 45,00m a jusante, sendo totalmente renovada por uma construção na década de noventa do século XX.
2. Adução – O traçado da primitiva rede de adução de água potável tinha o comprimento total de 0,650km, desde a nascente até à chegada ao Lavabo do mosteiro. A água era

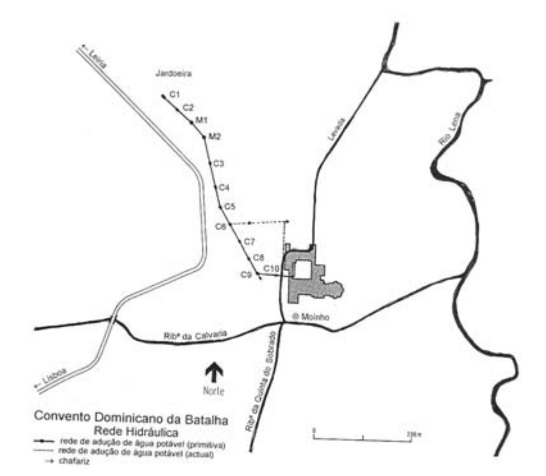


Figura 10
Mosteiro de Santa Maria da Vitória: Rede hidráulica Geral (Mascaranhas. 1996)

transportada numa caleira de secção uniforme, por gravidade. Esta canalização está ainda rigorosamente intacta até à câmara de visita nº. 7.

3. O troço restante foi destruído com os trabalhos de construção da Estrada Nacional n.º 1 e de arranjo do Largo Fronteiro ao alçado principal do mosteiro, ambos nos anos de 1961-1963. A partir da fotografia aérea da zona envolvente do mosteiro, efectuado pelo Instituto Geográfico e Cadastral, no ano de 1958, sabe-se que frente à igreja conventual, havia um grande chafariz com duas bicas, cuja água de alimentação era derivada da câmara de visita adjacente. No segmento final da rede adutora, imediatamente antes da entrada do mosteiro, a caleira apoiava-se num arco de passagem sobre a pequena Levada que aí corria, ao longo da frontaria do monumento. A canalização finalizava no lavabo do claustro real, onde era repartida a água para a cozinha e para outras necessidades da comunidade religiosa.
4. Distribuição – No interior do mosteiro a água potável era repartida a partir da fonte do claustro real, abrigada numa construção própria, de grande riqueza decorativa, algo tardia. Face ás investigações arquitectónicas, parece ser improvável que os celeiros e a adega fossem abastecidos com água corrente. No centro do claustro real, há um poço com grande capacidade de retenção de água. Terá servido, certamente, para o aprovisionamento inicial do mosteiro, até à conclusão do sistema hidráulico em análise, e para a irrigação do jardim adjacente. Nos períodos de maior escassez hídrica, constitui uma reserva de emergência e um recurso para a comunidade religiosa.
5. Evacuação – Para a descarga das águas usadas e pluviais e das imundices provenientes das latrinas, exigia-se um caudal de água abundante, capaz de garantir com eficiência a sua passagem livre e sem obstruções. Para o efeito, desviou-se uma Levada da ribeira da Calvaria, através da construção de um açude, a sul do mosteiro. Esta vala colectora, parcialmente subterrânea, onde afluíam as canalizações secundárias dos esgotos do mosteiro, corre defronte do alçado principal do monumento, inflecte sob a cozinha, contorna o dormitório primitivo (Adega dos Frades) e passa debaixo do antigo bloco das latrinas, indo descarregar os afluentes, a céu aberto, no Rio Lena. As latrinas dos frades (Domus Necessarium) eram um compartimento longo, amplo e discreto, implantado na extremidade nordeste do antigo dormitório, com o qual comunicavam através de um corredor de ventilação.

Catedral de Salamanca

Após o trabalho de campo, encontramos cinco soluções hidráulicas superiores:

Na primeira solução, referente ao portal secundário, a água cai no telhado é direccionada para as gárgulas e daí para o exterior.

Na segunda solução a corresponde às naves da igreja, encontramos uma solução muito semelhante à que existe no Mosteiro de Santa Maria da Vitória e na Catedral da Guarda, assim sendo as águas pluviais caiem nos terraços, são direccionadas para uns furos que as enviam para os arcobotantes (Composto por canais) canalizando-as para as gárgulas (Estas são diferentes do que se encontra na arquitectura portuguesa, pois no final de cada arcobotante existem duas gárgulas, uma para cada lado, distribuindo melhor as águas) e finalmente para o exterior.



Figura 11
Catedral de Salamanca



Figura 12
Catedral de Salamanca

A terceira solução é referente ao portal principal e à torre, onde as águas caiem no terraço são direccionadas para as gárgulas e dai para o exterior.

Na quarta solução, as águas caiem nos terraços são enviadas para um primeiro nível de gárgulas, sendo expulsas para um segundo terraço inclinado, que as direccionam para um segundo nível de gárgulas e dai para o exterior. È importante notar que neste lado do edifício, podemos visualizar problemas de infiltrações de águas pluviais, nas paredes do mesmo.

Decidimos abrir esta última solução, pois trata-se de uma adaptação moderna: Após o restauro efectuado ao sistema hidráulico superior, as águas pluviais



Figura 13
Catedral de Salamanca

caiem nos terraços são enviadas para as gárgulas que as depositam num segundo terraço e dai são direccionadas para um conjunto de tubos em ferro que circundam parte do edifício e as direccionam para o solo.

Santa Maria da la Antigua (Valladolid)

Após o trabalho de campo encontramos cinco soluções hidráulicas superiores:

Na primeira solução, as águas que caiem nos telhados são direccionadas para as gárgulas e dai para os arcobotantes, que são compostos por canais (Estes arcobotantes foram intervencionados numa campanha de restauro, pois os canais que os compõem actualmente são em metal) enviando as águas para um segundo nível de gárgulas e daí para o exterior.

Na segunda solução, as águas caiem nos telhados, são enviadas para as gárgulas e daí directamente para o exterior.



Figura 14
Santa Maria de la Antigua

Na terceira solução, as águas pluviais caiem nos telhados são enviadas para um primeiro nível de gárgulas e dai direccionadas para os canais dos arcobotantes, que as expulsão para o terraço e dai para um segundo nível de gárgulas que após a campanha de restauro foram interligados por tubos em pvc que recolhem as águas e as enviam directamente para o solo.

Na cabeceira da igreja encontramos duas soluções, no entanto como uma delas é semelhante à segunda, abrirmos uma quarta solução, em que as águas caiem nos telhados são enviadas para um primeiro nível de gárgulas, sendo expulsas para um segundo nível de gárgulas e daí para o exterior.



Figura 15
Santa Maria de la Antigua

A última (Quinta) solução, diz respeito ás águas que caiem nos telhados são enviadas para as gárgulas (Que foram objecto de restauro, pois actualmente tem tubagens que enviam as águas directamente para o solo), daí são direccionadas para outros telhados e finalmente para o exterior.

Conclusões

Semelhanças

- Utilização do arcobotante como auxiliar do Sistema Hidráulico (em todos os casos de estudo).
- Utilização de Taças no Mosteiro de Santa Maria da Vitória e na Catedral da Guarda.
- Gárgulas em pedra (Mosteiro de Santa Maria da Vitória, Catedral da Guarda e Santa Maria de la Antigua).

Diferenças

- Taças esculpidas (Mosteiro de Santa Maria da Vitória) e taças escavadas na pedra (Catedral da Guarda).
- Gárgulas «duplas» no final do arcobotante.
- Gárgulas em ferro na Catedral de Salamanca.

Notas

1. Orientadores: Professor Doutor Fernando Grilo e Professor Doutor Virgolino Ferreira Jorge. Agradeço ao Professor Doutor Fernando Grilo pela sua sempre disponibilidade, apoio e incentivo na execução do presente artigo e como Orientador do Doutoramento que actualmente desenvolvo. Um agradecimento especial aos responsáveis dos monumentos analisados, por terem autorizado a visita e a realização fotográfica aos terraços dos edifícios, bem como a Sónia Carvalho e José Testas pelo apoio sempre demonstrado.

Lista de referencias

Alves, Alice Nogueira. 2009. «Debaixo do chão. Novos dados sobre o sistema hidráulico do Mosteiro de Santa Ma-

ria da Vitória-Batalha». *Artis* 7-8. Instituto de História da Arte da Faculdade de Letras de Lisboa.

Dias, Pedro. 1994. *A Arquitectura Gótica Portuguesa*, Lisboa: Editorial Estampa.

Marques, A. H. de Oliveira. 1987. *Nova História de Portugal – Portugal na crise dos séculos XIV e XV*, Vol. IV. Lisboa.

Mascaranhas, José Manuel P. B. de, Jorge, Virgolino Ferreira. 1996. *Actas do Simpósio Internacional Hidráulica Monástica Medieval e Moderna*. Lisboa: Fundação Oriente.

Documentación gráfica mediante fotogrametría digital de la cúpula del Pantheon en Roma

Licinia Aliberti
Fernando Altozano García

El trabajo presentado ofrece un ejemplo de aplicación de las nuevas tecnologías en el campo de la fotogrametría digital convergente aplicadas al levantamiento arquitectónico, práctica íntimamente conectada al análisis constructivo de edificios. La posibilidad de trabajar con herramientas informáticas de alto potencial pero de fácil utilización que no necesitan instrumentos de alta precisión ni el trabajo conjunto de varios operadores, permite realizar levantamientos indirectos de objetos complejos con cierta sencillez. En este caso se ha elegido como modelo de estudio el intradós de la cúpula del Pantheon en Roma. La especial configuración geométrica del interior de la cúpula permite un fácil reconocimiento de puntos de una imagen a la otra y por ello un control adecuado de los proyectos de restitución mediante fotogrametría. La presencia de los casetones que tiene a nivel perceptivo una fundamental importancia para poder reconstruir mentalmente la forma esférica de la superficie y su enorme tamaño sirve al mismo tiempo como característica de gran eficiencia en este trabajo de restitución.

Los datos obtenidos mediante fotogrametría se han utilizado para elaborar una documentación gráfica del intradós de la cúpula y su forma empleando herramientas informáticas de dibujo vectorial que han permitido el estudio y cálculo promediado de los resultados.

Objeto de estudio

Considerado el alto nivel de las investigaciones realizadas desde el Renacimiento hasta nuestros días sobre el Pantheon simplemente se limitará esta breve introducción a contextualizar el objeto de estudio y a poner en resalto los aspectos más útiles para la comprensión del trabajo de levantamiento del intradós de la cúpula.

La construcción del Pantheon se realizó entre el 118 y el 128 d.C. gracias a una serie de condiciones históricas y progresos tecnológicos que se habían ido desarrollando en las épocas anteriores. El tipo de bóveda cementicia de geometría esférica sobre planta circular había sido experimentado en varias ocasiones y lugares con dimensiones distintas pero con el mismo sistema constructivo. La posibilidad de innovar las formas de los sistemas de cubrición se fundaba en el descubrimiento de una técnica novedosa, el *opus caementicium*, basada sobre la disposición alterna de estratos de piedras u otros inertes con estratos de una mezcla de arenas volcánicas, cal y agua ejecutada en obra en estado húmedo y amorfo que al secarse asumía una gran resistencia. La versatilidad del material que podía adaptarse perfectamente a cualquier tipo de encofrados y sus posibilidades estructurales que aseguraban gran resistencia a los esfuerzos de compresión permitían experimentar nuevas formas; entre ellas las bóvedas sobre planta circular son quizás las que más sorprenden.

Choisy ([1873] 1999, 72) describe el comportamiento estructural de las bóvedas sobre planta circular afirmando que «cada rebanada horizontal forma un anillo que tiende a mantenerse en equilibrio por sí solo; por esta razón, una cúpula de planta perfecta-

mente circular precisa más un molde, que permita controlar su curvatura, que un esqueleto resistente». Este concepto lo aplicaban los romanos para la construcción de bóvedas semiesféricas sobreponiendo anillos progresivamente más pequeños que se iban apoyando el uno sobre el otro utilizando el nuevo *opus caementicium* que aseguraba ligar perfectamente las partes y conformar un intradós continuo. A través del tratamiento de los encofrados era posible incluso introducir temas decorativos como los casetones de formas geométricas. Las cimbras eran generalmente de madera aunque dada la escasez del material se sustituían a veces con ladrillos planos que quedaban embebidos en la estructura y se revestían con un estrato de mortero continuo en toda la cúpula.

Estas cúpulas eran de sección variable. La forma interna geométricamente definida no correspondía con el exterior donde en algún caso los muros seguían verticalmente hasta la terminación, en otros se generaban unos escalonamientos que iban aproximando el extradós al intradós convergiendo en la parte superior con una notable reducción del espesor de la estructura como en el caso del Pantheon. La parte exterior siempre estaba cubierta por un estrato de *opus siginum*, cemento prensado que funcionaba como impermeabilizante.

Entre los ejemplos significativos de cúpulas esféricas anteriores a la construcción del Pantheon tenemos que mencionar como primero en orden cronológico las termas de Agrippa construidas en Roma entre el 25 y el 19 a.C. cuyos restos son actualmente muy deteriorados y se encuentran a poca distancia de la Rotonda. La tipología de los edificios termales produjo grandes innovaciones formales y constructivas y especialmente con las termas públicas de Agrippa se señaló la necesidad de realizar grandes espacios y multiplicar los volúmenes en amplitud y altura.

Encontramos otro importante ejemplo en el grande complejo termal del área arqueológica de Baia[1] en las proximidades de Napoles: el llamado Templo de Mercurio, edificio circular cubierto por una cúpula semiesférica con óculo central todavía completamente integra. La cúpula de la sala tiene un diámetro de 21,55 m y está realizada en pequeños bloques de tufo unidos con el mortero romano datando la primera mitad del siglo I d.C. La entera zona de los Campos Flégreos donde se sitúa el edificio sufre el fenómeno del bradisismo así que actualmente el nivel freático se encuentra a la altura de las bases de la cúpula y el espacio está inundado (Fig. 1).

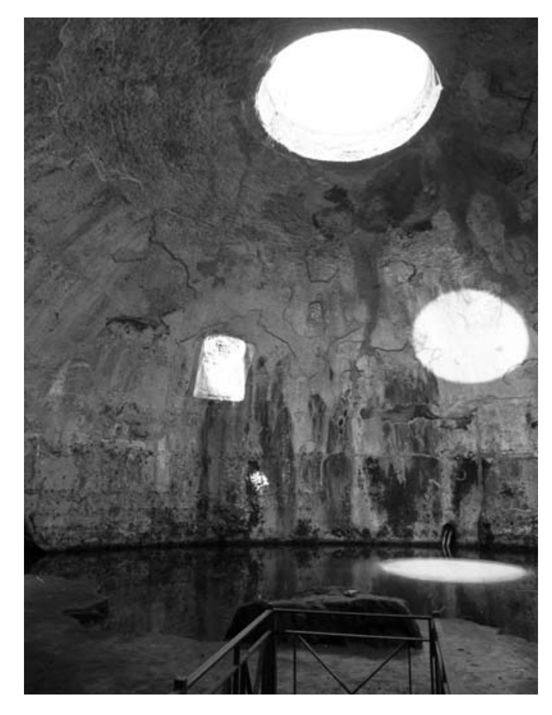


Figura 1
Fotografía del interior del llamado Templo de Mercurio en Baia, Napoles (Aliberti 2011)

Recordamos también la sala octogonal de la Domus Aurea construida por Nerón después del 64 d.C. cubierta por una cúpula que superaba los 13 m de diámetro y que tanto influenció las arquitecturas sucesivas por la utilización del polígono en planta, por su relación con el espacio abierto contiguo y por la admirable manera de realizar su cubierta.

Sin duda la aportación de la obra de Adriano en la construcción de cúpulas fue determinante. Todavía no se conoce con exactitud la participación del emperador en la ideación de las obras realizada en su época ni cuales fuesen los arquitectos que trabajaban para la realización de sus proyectos. Cierto es que con Adriano se realizó la construcción del Pantheon en el lugar del antiguo templo construido por Agrippa; con este monumento se llega a forzar hasta los límites las posibilidades de la nueva técnica realizando una estructura de dimensiones increíbles.

En el mismo periodo se realizaban en la construcción de la Villa Adriana muchos otros experimentos

sobre las cúpulas de cemento aplicando una gran variedad de combinaciones y formas en el mismo proyecto para espacios distintos. Las dimensiones son reducidas en comparación con las del Pantheon pero los conceptos base y las técnicas constructivas son comparables.

Mencionamos aquí solo algunos de los modelos más estudiados (Lucchini 1997): las salas rotondas de las termas pequeñas y de las termas grandes dedicadas a las *sudationes* y a los baños de arena, los grandes ambientes dedicados a las reuniones y fiestas (*caenatio)*, el Heliocaminus,[2] el Templo de Apollo y la sala circular del Belvedere en la Academia (Fig. 2), el vestíbulo de la Plaza de Oro.

En general las cúpulas de la Villa Adriana presentan distintas características constructivas, formales, de relaciones espaciales, colocándose sin duda entre los ejemplos más utilizados como referencia entre los ambientes con planta central y con cubierta abovedada.



Figura 2
Fotografía del edificio de la Academia con la sala del Belvedere a la izquierda y el Templo de Apollo a la derecha según la maqueta de Italo Gismondi de 1956 (Aliberti 2011)

La cúpula del Pantheon tiene forma semiesférica con un diámetro interno de 148 pies romanos (Licht 1968; Lucchini 1996; Wilson Jones 2001) y apoya en un muro circular conectado al pórtico de acceso a través de una zona de transición. Teniendo como base esta hipótesis nos proponemos con este trabajo estudiar la geometría del intradós de la cúpula para averiguar su correspondencia con la esfera ideal. Considerando el pié romano como equivalente a 0,295 m el diámetro de la cúpula resulta de 43,80 m y esa es la medida de referencia utilizadas para escalar los proyectos de restitución que se han desarrollado con programas configurados para trabajar en sistemas de medidas contemporáneos. En los textos y en los levantamientos antiguos y descripciones históricas del edificio se establece entre cúpula y tambor la proporción de 1:1 fijando en la cornisa que separa las dos partes el centro de la esfera ideal inscrita. En el diseño interior y exterior del edificio se siguen encontrando proporciones sencillas entre las partes como 1:1, 1:2 o 2:3, de acuerdo con los métodos de proporción utilizados por los romanos para agilizar la ejecución de una arquitectura que usaba múltiplos de una unidad base y sus derivados geométricos sencillos. El óculo tiene un diámetro de 30 pies mientras que el espesor del muro del tambor es aproximadamente de 20 pies (Waddell 2008).

Considerando la cúpula en relación al extradós se puede afirmar que hasta cierto nivel funciona como un muro con voladizo continuo, luego hay una zona que al exterior está marcada por los escalonamientos y que sigue apoyándose por anillos en el muro inferior. Finalmente hay una última parte que en el extradós presenta curvatura esférica que corresponde a la terminación de la cúpula y que mide aproximadamente 33,5 m que se reducen a 24 m si restamos el diámetro vacío del óculo. Esta medida corresponde a los estándares utilizados por los romanos anteriormente a la construcción del Pantheon, como el ya mencionado Templo de Mercurio en Baia con un diámetro de 21,55 m, y posteriormente, como el Templo de Minerva Medica con un diámetro de 24,8 m (Martines 2009).

Los estudios realizados a lo largo de las obras de restauración a principio del siglo XX han permitido averiguar por primera vez la composición de la cúpula (Fig. 3) que está formada por franjas horizontales de *opus caementicium* realizado usando materiales inertes que se aligeran progresivamente: fragmentos de ladrillos, de ladrillo y tufo, de tufo y piedras volcánicas muy ligeras (Terenzio 1933). El mortero puzolanico utilizado para la construcción del Pantheon es de optima calidad[3] y su acometida al lugar de la obra junto con los otros materiales necesarios para la construcción se consiguió gracias a un enorme trabajo de organización (Lucchini 1996).

El intradós de la cúpula está fraccionado por la presencia de los casetones de forma trapezoidal que producen aristas y sombras y así definen el factor

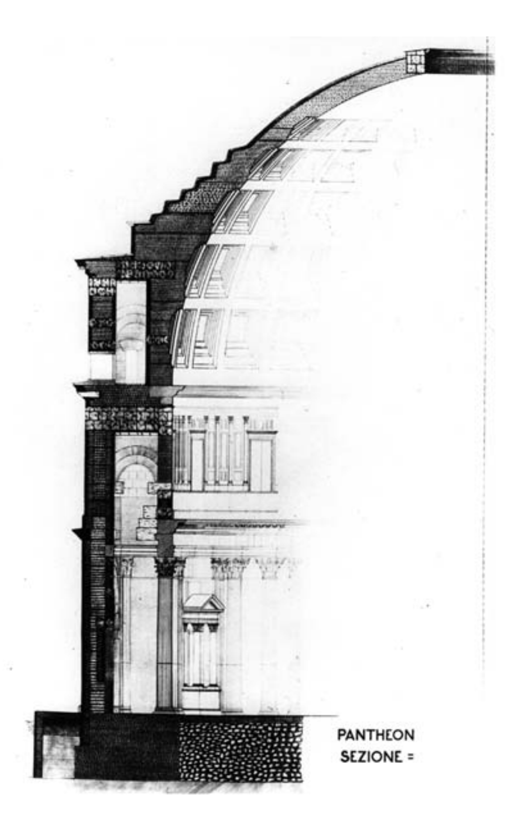


Figura 3
Sección del Pantheon con la indicación de las variaciones de los materiales, la posición de los *bipedales*, los elementos de piedra (Terenzio 1933)



Figura 4
Fotografía del intradós de la cúpula del Pantheon (Aliberti 2010)

geométrico y de escala necesario para la percepción completa de la superficie esférica continua. Los casetones con sus articulaciones en planos distintos y sus variaciones proporcionales de forma y dimensiones son puntos de referencia para el ojo del observador que desde cualquier posición del interior percibe con inmediata certeza el fundamento geométrico de la superficie (Fig. 4). Se desconoce el procedimiento constructivo que se utilizó para realizar los casetones. Dos son las hipótesis más difundidas: una ve la posibilidad de la existencia de una entera estructura semiesférica de madera formada por meridianos y paralelos que sostenían los moldes de los casetones; otra hipótesis más acreditada por ser más práctica y económica es la que ve la posibilidad de la fabricación de cimbras parciales apoyadas en el último anillo de *opus caementicium* realizado y resistente y que se desplazaban a través de unos sistemas de cuerdas fijadas al centro de la planta (Lucchini 1997).

Levantamiento mediante fotogrametría

Condiciones generales, toma de datos y orden de trabajo

El importante desarrollo de las tecnologías digitales aplicadas a la fotografía y al levantamiento permiten en la actualidad realizar trabajos complejos utilizando herramientas de fácil alcance. La posibilidad de trabajar con imágenes digitales y de actuar con interfaces gráficas y programas digitales compatibles entre ellos ofrece la posibilidad de realizar el tratamiento integrado de datos y el cálculo directo de las características métricas de los objetos de estudio. El levantamiento arquitectónico amplia sus posibilidades aunque en cualquier operación de este tipo queda sin duda la necesidad de fijar unos criterios de trabajo claros, ordenados y acordes con el edificio especifico estudiado.

El levantamiento del intradós de la cúpula del Pantheon se ha realizado utilizando fotografías tomadas con una cámara reflex digital de alta definición (Canon EOS 5D, fecha de producción 2006, sensor CMOS 35,8 × 23,9 mm de 13,3 MP, 12,8 MP efectivos). Se han empleado lentes fijas que han sido inter-

cambiadas según las necesidades (Canon 50 mm, 1:1.4; Canon 24 mm, 1:2.8; Canon 100 mm, 1:2.8). La calidad de las imágenes ha permitido la realización de la restitución por fotogrametría con suficiente precisión especialmente gracias al gran tamaño del sensor digital y a su alto grado de fidelidad en la reproducción de las imágenes tomadas.[4]

Las características de iluminación del interior del Pantheon han permitido realizar la toma de datos sin dificultades y el trabajo de campo se ha desarrollado en dos días de julio en horarios distintos para evitar la pérdida de definición en la zona que recibe iluminación directa desde el óculo y que resulta inevitablemente en sobrexposición.

Las tomas se han realizado siguiendo diversos criterios para poder efectuar la restitución a partir de datos distintos y poder comparar los resultados obtenidos. Las imágenes se han organizado en series y catalogado según la cronología de toma y las características técnicas de las mismas.

El trabajo tiene como primer objetivo la reconstrucción del volumen general de la cúpula del Pantheon para luego pasar a una mayor definición de la misma utilizando un tratamiento más detallado de alguna de sus partes.

Para poder realizar la restitución mediante fotogrametría se ha efectuado la calibración de la cámara, operación necesaria para controlar las posibles distorsiones generadas en el proceso de toma de fotos. El programa Photo Modeler Scanner V.6 ejecuta automáticamente la calibración y evalúa y selecciona los datos para obtener el mejor resultado.

Los primeros proyectos de restitución han tenido como finalidad la definición de la geometría general de la cúpula, sucesivamente se han ido añadiendo más detalles como los distintos niveles de casetones y el estudio cercano de dos sectores verticales (Fig. 5).

Una vez realizada una serie de ajustes de los proyectos de restitución para asegurar un limitado error de cálculo, se han exportado los modelos tridimensionales en formato .dxf y .3dm para poderlos manejar y estudiar con programas de dibujo vectorial, en este caso se ha utilizado alternativamente el Autocad 2009 y el Rhinoceros 4.0. En esta fase se ha orientado el modelo con más precisión tomando como bases los puntos generados por PM y generando alguna línea auxiliar fijada como referencia de las direcciones horizontal y vertical.

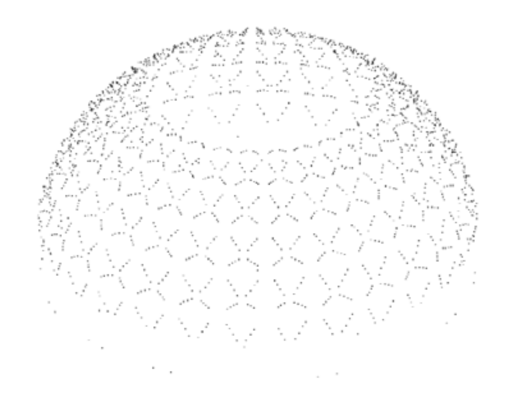


Figura 5
Vista del modelo tridimensional de puntos obtenido mediante fotogrametría con indicación de todos los niveles de los casetones

Configuración geométrica general

Según las descripciones históricamente reconocidas del Pantheon la cúpula tiene forma esférica con centro en la cota de la cornisa que separa la misma desde el ático del tambor. Se ha prestado especial atención a este dato intentando comprobarlo en los distintos modelos y tomando la línea de la cornisa como referencia base de comparación entre las series puesto que la cota del suelo aparece sólo en dos de los proyectos de restitución fotogramétrica. En el levantamiento se han reconstruido de manera aproximada algunos puntos de referencia del ático y del suelo únicamente para ofrecer una visión general del interior del edificio y reconstruir el cilindro ideal teóricamente circunscrito a la esfera.

Para poder comparar los distintos modelos se efectuado por cada uno de ellos un giro de puntos que ha permitido alinearlos todos en un solo plano y calcular así el perfil medio de la cúpula. Los puntos se han rotado en base al punto medio de los centros de todas las circunferencias ideales de cada nivel. Dichas circunferencias se han obtenido como media de los puntos del modelo haciendo uso de una herramienta digital de cálculo aproximado (Fig. 6).

Una vez tratados los modelos se han comparados distintos parámetros para evaluar la mayor o menor correspondencia entre las versiones generadas siguiendo criterios distintos.

Todas las versiones se acercan a la geometría esférica aunque la posición del centro de la esfera ideal

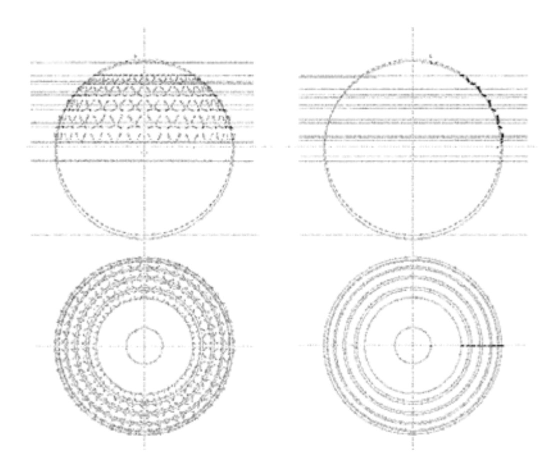


Figura 6
Estudio de uno de los modelos obtenidos mediante fotogrametría. Proyección en planta y alzado y giro de puntos para poder indicar el perfil medio de la cúpula

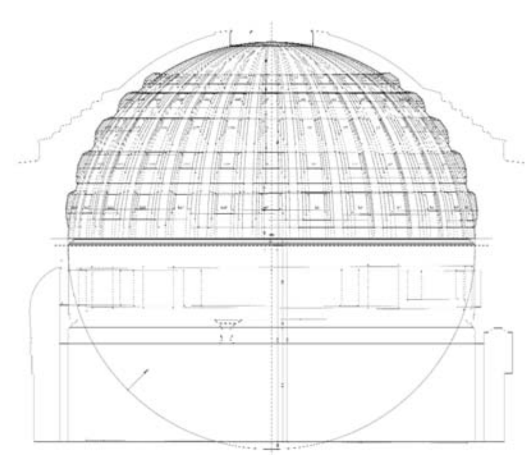


Figura 7
Sección transversal con indicaciones de la construcción del alzado del intradós de la cúpula y trazado de la esfera ideal con el centro colocado por debajo de la línea de la cornisa según los datos del levantamiento realizado

va variando. Este dato se ha obtenido pormenorizando los puntos girados en un mismo plano y obteniendo a partir de ellos el perfil medio. Resulta que en todos los modelos el centro de la esfera ideal se coloca con mayor o menor distancia por debajo de la línea de la cornisa que separa la cúpula del ático.[5] Como consecuencia en el modelo obtenido la cúpula no es exactamente una semiesfera sino un casquete que casi corresponde a la mitad de la esfera si consideramos la gran escala del objeto. Se nota claramente que la línea del suelo resulta a una cota superior respeto a la altura de la esfera. Estos mismos datos aparecen en otros levantamientos recientes en forma más reducida (Licht 1968; Pelletti 1989; Graßhoff et al. 2009). Según el levantamiento de Pelletti (1989) aunque el centro de la esfera se encuentre por debajo de la cota de la cornisa, esta misma divide en dos partes iguales la distancia desde el suelo en el punto central de la planta hasta el punto virtual máximo de la cúpula. En este caso especifico no se ha realizado un estudio suficientemente detallado del estado y forma del suelo para poder aportar alguna observación adjunta sobre la configuración entera del interior del edificio siendo la cúpula el objeto de estudio principal (Fig. 7).

Los puntos que definen las circunferencias superiores e inferiores de los cinco órdenes de casetones resultan aproximadamente alineados respeto a los planos horizontales que tendrían que contenerlas y las rectas medias que definen sus cotas se han encontrado a través de un cálculo informático similar al utilizado anteriormente para calcular los centros medios de varias circunferencias. Las cotas de los puntos externos de los casetones y de los puntos que indican el óculo son similares en los distintos modelos no presentando especiales diferencias.

Para poder estudiar más detenidamente el objeto y dibujar su documentación gráfica se han construido unos esquemas de planta y alzado de la cúpula casetonada operando directamente en el plano y utilizando como base la proyección de los puntos del modelo tridimensional obtenido por fotogrametría.

Se ha constatado una leve asimetría en la disposición de los casetones evidente en planta y en alzado. Si orientamos la planta perpendicularmente a la entrada podemos notar que la disposición de los casetones en el hemisferio frontal no resulta simétrica respeto al eje vertical. Además los casetones están dispuestos radialmente pero las líneas laterales que los limitan no convergen en el centro de la esfera ideal lo que nos indica que no son círculos máximos

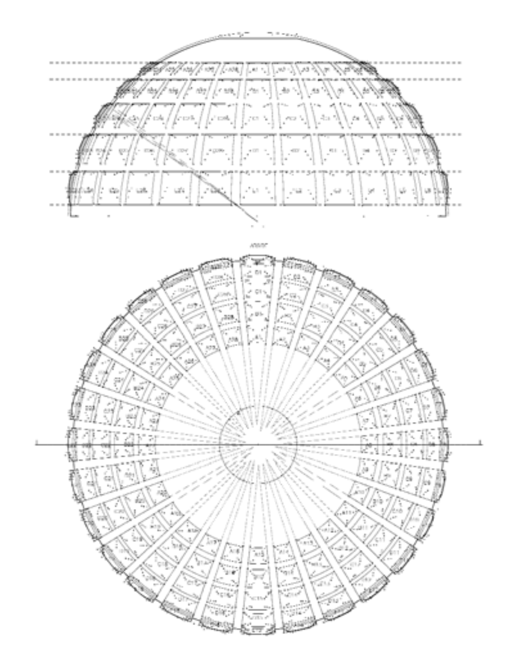


Figura 8
Planta y sección transversal con indicaciones de las rectas y circunferencias medias trazadas en base a los puntos del modelo tridimensional obtenido mediante fotogrametría

de la misma (Fig. 8). El tamaño de los casetones varía muy ligeramente, sólo hay una diferencia notable en el casetón del primer orden en el eje de la entrada que mide 0.12m más de lo normal, por consecuencia también los otros casetones del mismo sector resultan más anchos respeto a las medidas estándar. Posiblemente esta diferencia sea debida a la intención de marcar de alguna manera el eje de acceso y el primer sector visualmente perceptible de la cúpula.

El modelo teórico

Consideradas las características de la cúpula reconstruida mediante fotogrametría y sus irregularidades hemos decidido estudiar a través de comparaciones directas las relaciones entre el modelo levantado y el modelo teórico descripto en los textos y dibujos históricos.

Al fin de realizar esta operación se ha construido un modelo tridimensional a partir de los datos teóricos que fijan el centro de la esfera a la cota de la cornisa que separa la cúpula del ático y la disposición de los casetones radial y uniforme. La sección del Pantheon ha sido objeto de interés desde el Renacimiento hasta nuestros días y muy numerosos son los dibujos existentes. Entre los primeros autores a realizar un estudio completo en proyecciones ortogonales del monumento recordamos Serlio (1554) y Palladio (1570) que aunque publiquen las medidas y los dibujos en escala mantienen respeto al edificio la actitud típica de los tratadistas más interesados a cierto ideal de la arquitectura que a las medidas reales. El primer levantamiento riguroso se adscribe a Antoine Desgodets (1779) y el siguiente a Francesco Piranesi (1790), que pudo estudiar el edificio a lo largo de unos trabajos de restauración del mismo. En ambos casos el centro de la esfera ideal se coloca exactamente en la cornisa que separa la cúpula del ático y los casetones se distribuyen con geométrica precisión contrastando los levantamientos más recientes realizados con medios modernos que detectan pequeñas irregularidades.

Se ha proyectado el modelo obtenido para poder dibujar su planta y sección y compararlas con la planta y sección construidas a partir de los modelos obtenidos por fotogrametría. Las dos versiones no coinciden exactamente revelando sobre todo una diferencia en la cota final y en las cotas de los distintos órdenes de casetones, diferencia que va aumentando con la distancia a la cornisa. Estos desfases son debidos sobre todo al hecho que en el modelo construido por fotogrametría el centro de la esfera se sitúa por debajo de la línea de la cornisa lo que conlleva evidentemente las diferencias mayores con el modelo ideal (Fig. 9).

A raíz de los desajustes indicados se ha decidido profundizar el análisis del modelo obtenido por fotogrametría centrándose en su geometría general. Para efectuar el estudio de la forma de la cúpula se han realizado dos modelos tridimensionales a partir de los puntos externos de todos los casetones.

El primer modelo se ha realizado triangulando los puntos con superficies planas para luego generar una serie de curvas de nivel que al estar suavizadas permiten reconstruir con cierta precisión la superficie aproximada utilizando el programa informático Top-Cal. En la superficie obtenida como triangulación de puntos no ha sido posible completar la forma de la bóveda en su parte superior por falta de elementos de referencia suficientes.

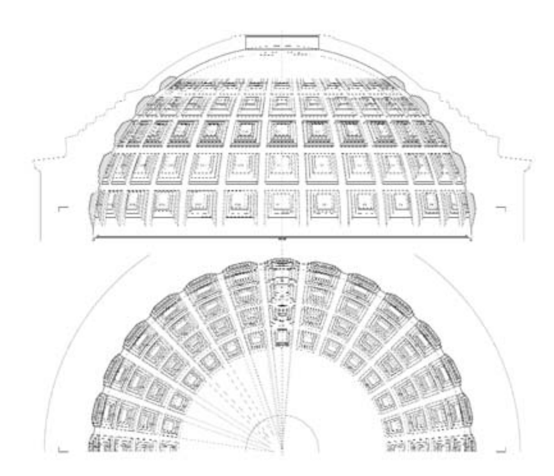


Figura 9
Sobreposición en planta y alzado del modelo teórico del Pantheon descripto en los textos y dibujos históricos (línea continua) con la documentación obtenida mediante fotogrametría (línea discontinua)

El segundo modelo se ha realizado construyendo la esfera media a partir de todos los puntos utilizando las herramientas de Rhinoceros 4.0. De tal manera se comprueba la geometría ideal de la cúpula puesto que los puntos resultan aproximadamente alineados con la superficie esférica. Aunque haya varios puntos que se alejan de la superficie sus distancias son poco relevantes respetos a la escala de la entera cúpula.

A partir de las superficies generadas se han realizado una serie de curvas de nivel en planta y en sección en los dos modelos y se han solapado manteniendo come referencia base la proyección de los puntos generados mediante la restitución por fotogrametría. Se han realizado también unas comparaciones directas entre los modelos tridimensionales de las dos superficies para averiguar su correspondencia.

Desde la observación de las comparaciones descriptas la superficie obtenida por triangulación de puntos que consideramos la más cercanas al levantamiento realizado parece aproximarse con evidencia a la esfera ideal aunque sus curvas de nivel no son circunferencias exactas resultando más fieles a las irregularidades puntuales de la superficie real.

Los casetones

La restitución de los casetones se ha realizado a través de un estudio de detalle de dos sectores de la cúpula, el correspondiente a la entrada y otro diametralmente opuesto. En estos modelos de detalle la curvatura no corresponde exactamente a la encontrada con los estudios generales puesto que no se ha generado una suficiente cantidad de puntos para poder efectuar el giro y encontrar un valor medio. Por este motivo se ha hecho referencia a los modelos generales para adaptar la geometría de los detalle de sectores. La observación cercana de los lacunarios ha permitido poner a la luz la característica geometría de estos elementos y reconstruir en la medida de lo posible su configuración ideal a partir de los dos casos específicos estudiados.

A través del estudio de los casetones se notan ciertas alineaciones de las esquinas de los niveles internos con las esquinas externas y una evidente simetría respeto al eje vertical y asimetría respeto al centro de la figura. Se ha reconstruido el alzado y la sección de los casetones ideales respetando la inclinación media de las diagonales encontradas y la cota de los puntos de los modelos de los dos sectores levantados consiguiendo ajustar los escalonamientos internos de manera que sean congruentes con sus proyecciones vertical y horizontal (Fig. 10). Los ca-

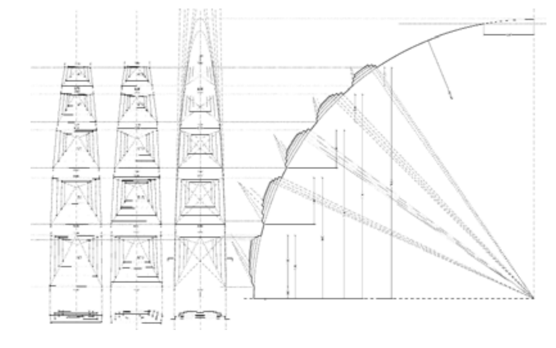


Figura 10
Alzado de los sectores correspondientes a los dos extremos del eje de la entrada y alzado y sección de un sector ideal generado a partir del estudio de las alineaciones de los casetones levantados mediante fotogrametría

setones presentan una evidente tendencia a la proporcionalidad y su configuración deriva de necesidades perceptivas.

Consideradas las dimensiones de la cúpula los casetones resultan en escala igualmente importantes. En el primer orden miden aproximadamente 4 m de ancho, reduciéndose a casi la mitad en el quinto orden para adaptarse al progresivo estrechamiento de la esfera.[6] Cada casetón está compuesto por cuatro planos rehundidos progresivamente, sólo en el quinto nivel se realizan tres planos puesto que el espesor de la cúpula en esta zona es muy reducido y al realizar el cuarto rehundimiento habría llegado a ser demasiado pequeño. Los escalonamientos entre los planos se realizan perpendicularmente excepto que en la parte inferior de los casetones donde se utiliza un plano inclinado para acordar los niveles. Probablemente la geometría de los casetones está vinculada a los efectos perceptivos de los mismos ya que cortando todos los escalonamientos radialmente parte de los niveles internos de los casetones resultarían ocultos a un observador situado a la cota del suelo, mientras que desplazando los escalonamientos hacia la parte superior de manera que sean más verticales se asegura la percepción permanente de los niveles y de las aristas que los separan. En los primeros dos órdenes de casetones el espesor del derrame es parecido mientras que disminuye notablemente en el tercero. Puesto que el quinto orden lleva solo tres planos, compositivamente habría sido un error que el plano más profundo del cuarto orden fuese más pequeño del último plano del quinto orden, de aquí la necesidad de compensar la reducción de dimensiones generales de los casetones incidiendo más en el derrame que en los planos.

Los casetones se ordenan en 28 sectores y cinco órdenes. Como hemos notado anteriormente la disposición no es perfectamente uniforme aunque la precisión del replanteo sorprende considerada la dificultad de dividir un cuarto circunferencia en siete partes iguales.[7]

La disposición de los casetones no tiene correspondencia con los huecos del ático, que aunque modificados en las intervenciones del siglo XVIII mantienen su posición original. La subdivisión del ático se realiza en 14 huecos mientras que los casetones se disponen en 28 sectores. Sin embargo cuatro sectores de casetones tienen correspondencia con la distribución de la parte inferior del tambor siendo alineados con el eje de la entrada y el eje transversal mientras que las dos diagonales alineadas con los ejes de los nichos restantes corresponden a la separación entre otras cuatro parejas de casetones. Para permitir estas correspondencias y asegurar unas proporciones adecuadas de estos elementos en la octava parte de la circunferencia se sitúan tres casetones y medio con una abertura angular respeto al centro de la esfera de 12.857º. Suponiendo que la octava parte de la circunferencia resultara subdividida en un número inferior o superior de casetones se abrían obtenido elementos demasiado grandes o demasiado pequeños, hecho que afectaría también las proporciones respeto a las dimensiones verticales puesto que para dejar una distancia suficiente desde el óculo la cota de terminación de la zona casetonada no podría ser muy distinta de la actual (Saalman 1988). En el levantamiento realizado el ángulo que forma cada casetón en planta con el centro de la esfera va variando ligeramente debido a las irregularidades de la superficie mientras que los puntos correspondientes a los distintos órdenes de casetones resultan aproximadamente alineados.

Conclusiones

Como conclusión de nuestro trabajo podemos afirmar que la experimentación del método ha producido resultados útiles para comenzar un análisis detallado del modelo de estudio que sin duda ofrece materia para consideraciones más profundas y extensas. La simplicidad de la realización de toma de datos y el directo control del programa de restitución junto con las condiciones favorables relativas a la reproducción de imágenes y al reconocimiento de puntos correlacionados han permitido desarrollar la investigación sin especiales dificultades.

Como resumen de consideraciones generales sobre el modelo tenemos que resaltar la aproximación muy cercana de la forma del intradós de la cúpula del Pantheon a la geometría esférica, el desfase del centro de la esfera ideal respeto a la cota de la última cornisa del ático, la leve asimetría en la disposición de los casetones, la casi completa alineación de las aristas verticales y horizontales que los definen, las características propias de la compleja geometría de los mismos casetones.

NOTAS

1. En la misma área arqueológica hay que destacar también la presencia de otras dos cúpulas en peor estado de conservación: el llamado Templo de Venus de la edad adrianea (117-138) con un diámetro interno de 26,30m (Adam 1988) y el llamado Templo de Diana con una cúpula ojival del diámetro interno de 29,50m construida con fragmentos de tufo de débil densidad en la segunda mitad del II siglo (Lucchini 1996).
   Situados en una zona contigua encontramos los restos de un enorme edificio circular con cubierta abovedada del II siglo, el Templo de Apolo en el Lago d'Averno, con un diámetro interno de aproximadamente 36m (Adam 1988), medida algo comparable al diámetro de la cúpula del Pantheon.
2. Numerosas fueron las experimentaciones formales y tecnológicas en la construcción de las cúpulas de la Villa Adriana. En particular el Heliocaminus era una cúpula semiesférica construida en *opus caementicium* donde se dejaron embebidas transversalmente en la estructura unas barras metálicas que sobresaliendo de la superficie de la cúpula permitían fijar una capa de ladrillos dejando una cámara de aire que llegaba a conectarse directamente con los conductos huecos situados en el suelo. De tal manera todas las superficies del ambiente irradiaban calor cuando circulaba en las cámaras creadas el aire caliente generado en los *praefurnia,* hornos de las instalaciones termales (Lucchini 1997).
3. El mortero utilizado para la construcción del Pantheon se consiguió mezclando una parte de cal con dos de puzolana y con un 15-20% de agua. La puzolana es una arena de origen volcánica y toma el nombre de *pulvis puteolanus* desde Pozzuoli, la localidad donde se encontró. Se ha calculado que su resistencia a compresión es alrededor de 200 kg/cm^2 y a tracción de 110-120 kg/cm^2 (Lugli 1957; Lucchini 1989).
4. El sensor de la cámara utilizada es un CMOS (siglas en inglés de *complementary metal-oxide-semiconductor*), un tipo de circuito integrado caracterizado por un consumo energético extremadamente reducido. La principal diferencia respeto al sistema de sensor CCD más difundido en el mercado es que en el CMOS cada pixel está asociado a un fotodiodo que recibe, amplifica y digitaliza la cantidad de luz correspondiente mientras que en el CCD el fotodiodo recibe la información y la envía al exterior para amplificarla y convertirla en señal digital. Una de las primeras ventajas encontradas es la lectura directa del valor lumínico del punto ya que el proceso de digitalización tiene lugar en la misma celda. Esto provoca entre otras cosas una reducción considerable de los costes de producción, un aumento de la sensibilidad del pixel y la eliminación del problema conocido como *blooming* por el cual en condiciones de elevada iluminación de un pixel los puntos alrededor pueden resultar completamente saturados.
   El otro factor que contribuye a la realización de imágenes de alta definición es el formato del sensor que se acerca notablemente al formato de una película de 135mm (35,8 × 23,9 mm contra los 35 × 24 mm de las cámaras analógicas). En las mismas condiciones de toma las cámaras que utilizan sensores de mayor dimensión capturan imágenes con menos ruido respeto a las que utilizan formatos inferiores.
5. En el modelo considerado más preciso, porque se basa sobre fotografías más convergentes y está constituido por un mayor número de puntos la posición del centro se sitúa a 0,71m por debajo de la línea de la cornisa, dato que se ha utilizado para la posterior restitución gráfica. Este proyecto de restitución generado con PM utiliza 8 fotografías realizadas con la lente de 24mm desde los cuadrantes de la Rotonda para permitir un suficiente ángulo de convergencia y comprende 2168 puntos correlacionados que corresponden a los cuatro niveles de los casetones de los primeros cuatro órdenes y a los tres niveles de los casetones del quinto orden.
6. El casetón del primer orden mide un promedio de ancho 4,02m y de alto 4,06m. Los siguientes órdenes van restringiendo la base del trapecio según las medidas 3,90m, 3,47m, 3,02m, 2,36m, y proporcionalmente reducen sus alturas. Los planos que conectan los rehundimientos progresivos no han sido fácilmente determinables en alguno de los casos debido a la dificultad de reconocimiento de las aristas en las imágenes fotográficas.
7. En 1796 Gauss demostró que es imposible construir un polígono de 7, 14 o 28 lados utilizando únicamente regla y compás. En el replanteo de la cúpula del Pantheon se utilizó probablemente el método del sofista Ippia de Elide del siglo V a.C. Ippia solucionó el problema con una curva que lleva su nombre (trisectríz de Ippia) que intersecada con siete rectas paralelas y equidistantes trazadas perpendicularmente a partir de uno de los radios extremos de un cuadrante de circunferencia marcan los puntos que unidos con el centro dividen el ángulo de 90º en siete partes iguales (Martines 1989).

LISTA DE REFERENCIAS

Adam, J.P. 1988. *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*. Milano: Longanesi Editori.

Choisy, Auguste. [1873]1999. *El arte de construir en Roma*. Editado por S. Huerta y J. Girón. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

De Angelis D'Ossat, Guglielmo. 1938. La forma e la costruzione delle cupole nell'architettura romana. En *Atti del III Congresso Nazionale Di Storia dell'Architettura,* 223-250.

Desgodets, Antoine. 1779. *Les edifices antiques de Rome.* Paris: Claude Antoine Jombert fils.

Fine Licht, Kijeld de. 1968. *The Rotunda in Rome. A Study on Hadrian's Pantheon*. Copenhagen: Nordisk Forlag.

Gambardella, Alfonso. 2002. *Dal Pantheon a Brunelleschi. Architettura, costruzione, tecnica*. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Graßhoff, G.; Heinzelmann, M.; Theocharis, N.; Wäfler, M. 2009. The Bern Digital Pantheon Project. Plates. Bern: Bern Studies.

Lucchini, Flaminio. 1996. *Pantheon*. Roma: Carocci Editore.

Lucchini, Flaminio. 1997. Le cupole di Adriano. En Conforti, Claudia. *Lo specchio del cielo. Forme, significati, tecniche e funzioni della cupola dal Pantheon al Novecento,* 9-21. Milano: Electa.

Lugli, Giuseppe. 1957. *La tecnica edilizia romana con particolare riguardo a Roma e Lazio*. Roma: Giovanni Bardi Editore

Martines, Giangiacomo. 1989. Argomenti di geometria antica a proposito del Pantheon. En *Quaderni dell'Istituto di Storia dell'Architettura*, XIII: 3-10. Roma: Multigrafica Editrice.

Martines, Giangiacomo. 2000. The Relationship Between Architecture and mathematics in the Pantheon. En *Nexus Network Journal,* 2: 3.

Palladio, Andrea. [1570] 1976. I quattro libri dell'architettura. Milano: Ulrich *Hoepli.*

Pelletti, Marco. 1989. Note al rilievo del Pantheon. En *Quaderni dell'Istituto di Storia dell'Architettura*, XIII: 10-18. Roma: Multigrafica Editrice.

Piranesi, Francesco. [1790] 1836. *Raccolta de' Tempj antichi*. Roma: Da' Torchi de' Fratelli Firmin Didot Libraj.

Saalman, Howard. 1988. The Pantheon coffers: pattern and number. En *Architectura. Journal of the History of Architecture* 18: 121-122. Münschen: Deutscher Kunstverlag.

Serlio, Sebastiano. [1554] 2001. *L'Architettura, I libri I-VII e Extraordinario nelle prime edizioni.* Editado por Francesco Paolo Fiore. Milano: Edizioni Il Polifilo.

Terenzio, Alberto. 1933. La restauration du Pantheon de Rome. En *Conservation de monuments d'art et d'histoire,* 280-285. Paris: Institut de Coopération Intellectuelle.

Waddell, Gene. 2008. *Creating the Pantheon. Design, Materials and Construction.* Roma: L'Erma di Bretschneider.

Wilson Jones, Mark. 2003. *Principles of Roman Architecture.* Yale: Yale University Press.

Sistemas constructivos almohades: estudio de dos bóvedas de arcos entrecruzados

Antonio Almagro Gorbea

Se analizan en esta comunicación dos bóvedas de arcos entrecruzados de época almohade, una existente en el alminar de la mezquita Kutubiya de Marrakech y otra conservada dentro de una vivienda del Patio de Banderas del Alcázar de Sevilla. Ambas presentan la característica de poseer unos arcos especialmente delgados, seguramente realizados con ladrillos a panderete. Sobre la base de levantamientos fotogramétricos que permiten deducir su forma real se plantea cuál es su comportamiento estructural y su posible proceso constructivo.

Introducción

Las bóvedas de arcos entrecruzados constituyen una página muy singular en la arquitectura andalusí. De origen aún no suficientemente identificado, tuvieron un amplio desarrollo a partir del siglo X y una influencia clara en la arquitectura cristiana no sólo en formas muy similares, sino en cuestión conceptual, como son las bóvedas nervadas que se desarrollan a partir del siglo XIII.

Se puede suponer que la construcción de bóvedas de arcos entrecruzados obedece a dos claras finalidades. Por un lado se debe entender que su uso siempre ha tenido una finalidad estética, ya que el juego de los entrecruzamientos produce formas geométricas con extensa variedad de soluciones con las que se consiguen efectos de gran vistosidad, a los que se suelen sumar otros recursos ornamentales aplicados tanto en los arcos como en los plementos que quedan entre éstos.

Pero aparte de este aspecto, existen sin duda otras razones de tipo constructivo y estructural que justifican plenamente su uso. Podemos decir que una bóveda nervada conforma un modo de cubrición que jerarquiza los elementos estructurales que la integran al establecer un sistema de arcos encargados de recibir las cargas de las zonas de relleno y trasmitirlas a puntos concretos de apoyo. Pero a la vez, desde el punto de vista constructivo determina un proceso similar, ya que establecidos los apoyos, primero se construyen los arcos y después se rellena el espacio que queda entre ellos, normalmente en una segunda fase. De este modo los nervios pueden cimbrarse con elementos auxiliares más ligeros. Construidos estos arcos, los espacios que quedan entre ellos pueden cerrarse con cimbras ligeras apoyadas en aquéllos o incluso con bóvedas construidas sin cimbra (Casinello 1969, 98). Esta técnica contrasta con la que contemporáneamente se usaba en el mundo cristiano a base de bóvedas de cañón seguido que exigían cimbras muy robustas.

Según Torres Balbás (1943, 482), estas bóvedas pueden ser consideradas como precursoras de las ojivales góticas y de todas las bóvedas nervadas occidentales que desarrollarán el concepto de línea-fuerza como sistema de jerarquización estructural que ha de permitir los logros constructivos del gótico. Todo esto viene a abundar en el carácter utilitario de los sistemas constructivos islámicos basados en gran

medida en la búsqueda de un coste reducido de ejecución. El recurso a materiales pobres y a estas técnicas constructivas encaminadas a conseguir soluciones muy efectistas desde el punto de vista estético pero realizadas con sistemas de ejecución basados en el uso de medios auxiliares limitados (Almagro 2001), son sin duda una característica que subyace en gran parte de la arquitectura andalusí, sobre todo a partir de la caída del califato cordobés. La necesidad de efectuar obras arquitectónicas, incluso suntuarias, en la fragmentada estructura política de al-Andalus a partir del siglo XI, ya sin los recursos que pudo utilizar el califato, así como su adecuación a las posibilidades de la propia sociedad andalusí, facilitaron sin duda la propagación de estas técnicas, importadas desde Oriente pero pronto arraigadas con fuerza en la Península y trasmitidas por este cauce al mundo occidental.

No son muchos los estudios realizados sobre los aspectos constructivos de este tipo de bóvedas. Sin duda, los ejemplos más antiguos que conocemos en al-Andalus lo constituyen las que se levantaron en la mezquita aljama cordobesa en su segunda ampliación, a mediados del siglo X. Estas bóvedas cordobesas parece ser que están realizadas con arcos de piedra, siguiendo los hábitos constructivos del califato cordobés, y parece que los plementos son de mampostería (Marfil 1998, 250, 252). Existe otra bóveda de arcos entrecruzados, de datación más discutida en la Capilla Real de la Mezquita-Catedral que son igualmente de piedra aunque recubiertos por decoración de yeso (Ortiz 1982, 199).

Bóvedas de este tipo hubo al parecer en la Aljafería de Zaragoza, a la que pertenecería un fragmento de arco de yeso profusamente decorado hoy conservado en el Museo Arqueológico Nacional (Gómez Moreno 1951, 233) y que provendría de la alcoba occidental del salón Dorado o sala principal del palacio. Este caso, junto con el de las bóvedas de la mezquita de Bab al-Mardum, hoy capilla del Cristo de la Luz de Toledo marcan la continuidad de este sistema constructivo a lo largo del sigloXI.

De época almorávide poseemos varios ejemplos, algunos tan señeros como la cúpula que antecede al mihrab de la mezquita de Tremecen, levantada por Ali ben Yusuf antes de 1136 (Marçais 1954, 197). Está constituida por doce arcos de herradura de perfil circular que se entrecruzan dejando en el centro un cupulín de mocárabes. El resto de los plementos está decorado con ataurique calado que deja pasar la luz que entra a través de ventanas dispuestas en el torreón que trasdosa la cúpula. De la misma época hay otros ejemplos en la Qubba Baadiyyin (Maslow 1948) situada en el edificio de abluciones de la mezquita de Ali ben Yusuf de Marrakech y en la Mezquita Qarawayin de Fez. Todas estas bóvedas están construidas con ladrillo.

En época almohade, por lo que ha llegado hasta nosotros, no parece que este tipo de bóvedas se prodigaran en las mezquitas como en el periodo anterior, prefiriéndose la cubrición con bóvedas de mocárabes. Pero sí se conserva algún ejemplo interesante que nos proponemos analizar y que enfatizan algunas características de las bóvedas antes reseñadas.

La bóveda de la cámara superior del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech.

Este alminar levantado en el tercer cuarto del siglo XII según el modelo credo en este momento para la construcción de las tres grandes torres de las mezquitas de Sevilla, Rabat y Marrakech, contiene siete salas superpuestas de planta cuadrada y alrededor de las cuales se desarrolla la rampa de subida a la terraza. Todas estas salas se cubren con distintas soluciones de bóvedas que incluyen una cúpula gallonada, varias bóvedas de arista y pabellón y la que nos interesa en este caso que ocupa la posición más elevada. Aunque esta bóveda ya fue dada a conocer por Basset y Terrasse (1932, 176-177) en su monografía sobre Sanctuaires et Forteresses Almohades, en donde publicaron una fotografía de la cubrición, no conocemos ningún levantamiento preciso ni análisis de su geometría. Tampoco en la planimetría general que existe de la torre se dibuja con detalle su estructura.

La sala en cuestión tiene 3,38 m de lado y sus muros presentan paramentos lisos en la parte inferior hasta una altura de 2,56 m. A partir de esta cota existe una cornisa formada por un listel y un caveto bastante desarrollado que sirve de base a ocho arcos dispuestos cuatro en el centro de cada cara y otros cuatro formando chaflán. Por medio de estos últimos se consigue pasar de la planta cuadrada a otra octogonal. Los arcos son exteriormente de medio punto pero en su intradós aparecen otros mixtilíneos que en los ochavos constituyen borde de grupos de mocárabes, de forma distinta en cada arco, y que cubren los

espacios triangulares que quedan entre el cuadrado de la parte baja y el ochavo de la superior. Esta banda decorativa reduce el ancho de la sala a 3,08 m.

Sobre los arcos descritos corre una banda de ornamentación geométrica a base de lazo generado por estrellas de ocho situadas en el centro de cada lado del octógono, similar a la que encontramos en otros monumentos almohades. Esta banda remata superiormente con otro caveto más pequeño y que sirve de apoyo al arranque de la bóveda. La altura de toda esta composición ornamental es de 2,48 m.

La bóveda que cubre la sala tiene un gran desarrollo en altura, cosa que apenas se aprecia cuando se observa a simple vista desde el suelo (Fig. 1), alcanzando desde la moldura de arranque hasta el punto más elevado otros 2,54 m. Con ello, la composición de la sección de la sala se puede decir que está hecha en base a tres bandas de similar altura, una lisa inferior, otra ornamentada en el centro y la superior que corresponde a la bóveda.



Figura 1
Bóveda de la cámara superior del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech

La cubrición del espacio se realiza con cuatro pares de arcos paralelos que se entrecruzan dejando un espacio en el centro ocupado por un pequeño cupulín de mocárabes que remata en una pirámide de base estrellada (Fig. 2). Las parejas de arcos se disponen arrancando de uno de los lados del octógono y apoyando su otro extremo en el lado opuesto. La separación entre arcos es de 0,62 m entre sí y de 0,25 m a los vértices del ochavo. El entrecruzamiento de los

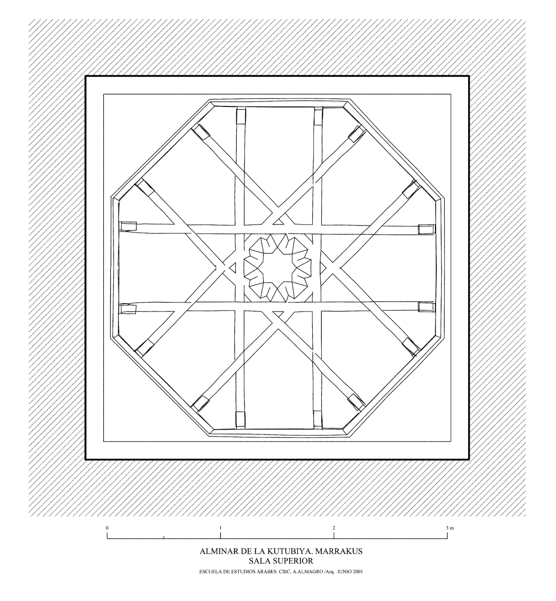


Figura 2
Planta de la bóveda de la cámara superior del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech

arcos genera dos estrellas de ocho y un octógono interior que, como ya hemos indicado, se rellena con mocárabes que determinan otra estrella de ocho puntas cuyo interior se cubre con una forma piramidal. Los arcos son de herradura de directriz circular (Fig. 3), prolongándose por debajo del diámetro algo menos de la mitad del radio. Como rematan en unas sencillas nacelas, el apoyo de éstas queda por debajo de la mitad del radio. Los arcos tienen un espesor muy reducido, de apenas 8 cm y sobresalen respecto a los plementos unos 12 cm.

La forma que presenta la superficie de los plementos no es fácil de precisar. Se podría pensar que fuera una bóveda de ocho paños pero al no quedar marcadas aristas de intersección de los paños parece más probable que sea una cúpula hemisférica peraltada.

Toda la sala y sus elementos ornamentales y constructivos conservan su enlucido original de yeso, lo que hace imposible determinar de que materiales está hecha cada parte y como fueron aparejados. Teniendo en cuenta lo que se ve en las zonas exteriores de la torre, podemos conjeturar que los muros son de mampostería, mientras que la cubrición hemos de suponer que este realizada en ladrillo. La sutileza de

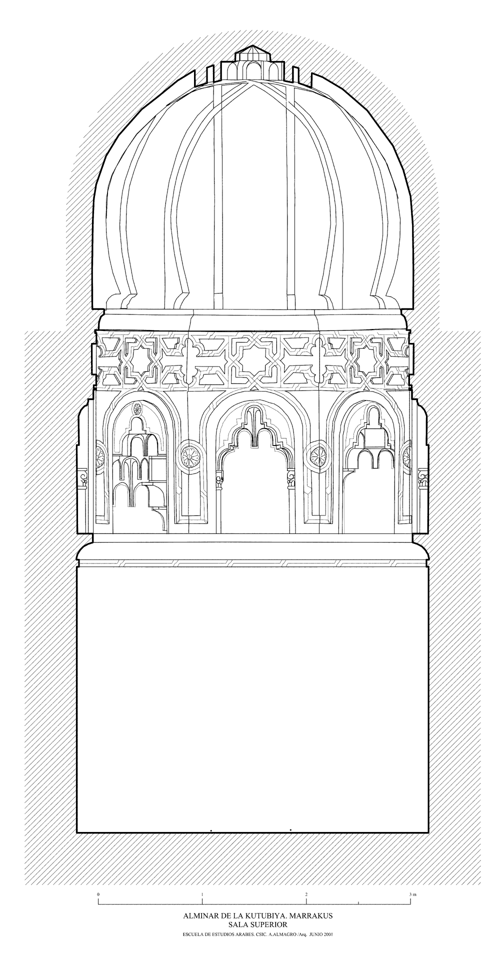


Figura 3
Sección de la cámara superior del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech

los nervios de la bóveda permite intuir que estén realizados con ladrillos colocados a panderete y convenientemente enlucidos de yeso. Tampoco sabemos a ciencia cierta como están hechos los plementos de la bóveda, pero también resulta plausible pensar que estén hechos de ladrillo, quizás tabicados.

El hecho de que los ocho arcos sean iguales y que los entrecruzamientos se realicen en zonas cercanas a la cúspide permite suponer que se debió utilizar una sola cimbra, seguramente con forma de cercha de madera que iba desplazándose sucesivamente para poder construir cada uno de los arcos. A medida que se iban construyendo nuevos, estos quedaban interrumpidos por los ya realizados, cosa que no estorbaría la construcción de los nuevos que se pegarían a los existentes con yeso y limitando con ello el pandeo lateral, problema que en la construcción de los primeros sería siempre una cuestión a cuidar. La cercha que hiciera de cimbra sería fácilmente desplazable por la parte inferior. Posiblemente la zona de la nacela del arranque de los arcos no se conformaría hasta el final mediante yeso, con el fin de que se pudieran descimbrar con mayor facilidad. Incluso cabe pensar que la parte baja de los arcos se realizaría enjarjada, a base de hiladas horizontales de ladrillo y sólo se cimbrara y se construyera radialmente la parte superior.

La construcción de los plementos parece lo más lógico que se hiciera apoyándose en el trasdós de los arcos cuyo perfil se pudo haber definido mediante un escantillón radial desde el centro de la esfera que pudo estar materializado mediante algún listón transversal de madera dispuesto dentro de la sala. No está claro que la bóveda sea portante puesto que alguna sección general de la torre dibuja otra bóveda por encima que deja un espacio entre las dos cuya existencia no he podido confirmar.

En todo caso esta bóveda es un ejemplo bien encuadrado cronológica y tipológicamente de este modo de cubrición de espacios que constituye una tradición en la arquitectura andalusí, y pese a que este ejemplo se encuentre en Marruecos es sin lugar a dudas el fruto de esa tradición.

La bóveda de la alcoba de la casa del Patio de Banderas del Alcázar de Sevilla

Esta segunda bóveda que vamos a analizar se encuentra cubriendo un espacio de planta casi cuadrada que forma parte del conjunto de viviendas existentes en el lado occidental del Patio de Banderas del Alcázar de Sevilla. Aunque las muchas transformaciones que han sufrido estas casas han descontextualizado este espacio al que hoy se accede a través de un patio que no formó parte del edificio al que perteneció originalmente, a través de la planimetría histórica que se nos ha conservado del Alcázar, es posible deducir cual era su función y que relación guardaba con el edifico al que pertenecía y la de éste con el resto del Alcázar.

En algunos planos conservados del siglo XVIII puede aún verse la estructura de la vivienda en la que

se integraba esta habitación. Se aprecia que esa vivienda estaba organizada mediante un gran patio con estructura de jardín cuatripartito y en cuyo lado norte se pueden identificar tres crujías paralelas. La más septentrional, que corresponde a la parte principal de un palacio andalusí, debió albergar un salón oblongo dispuesto transversalmente respecto al eje del patio y que contaba con dos alcobas, una en cada extremo. Aunque estos espacios aparecen divididos por tabiques, se puede identificar con facilidad la estructura original. Precisamente, la alcoba del lado oriental es la que corresponde al espacio cuya cubrición vamos a estudiar.

Su bóveda (Fig. 4) ya fue descrita por Gestoso (1889, 324-325) quien incluye en su libro una planta y una sección de la misma que resultan bastante precisas. No obstante da la impresión de que en ese momento el espacio estaba dividido en altura con alguna entreplanta pues la sección no llega a representar el suelo, ni del espacio en el que en ese momento se encontraba ni menos aún el suelo a nivel del terreno que sería el original. Sí apunta Gestoso su impresión de que los arcos de la bóveda habían sido recortados privándoles de sus zonas bajas de arranque, seguramente cuando se construyera la entreplanta y con el fin de dejar el espacio de la nueva planta alta más despejado. También cita en varias ocasiones esta bóveda Leopoldo Torres Balbás quien publicó una buena fotografía en su monografía sobre Arte Almohade, Arte Nazarí y Arte Mudejar de la colección Ars Hispaniae (Torres Balbás 1949, 31, fig. 20). También R. Manzano hace referencia a ella en varias ocasiones mencionándola como perteneciente a la casa Toro-Buiza (Manzano 1995, 346). Aunque no existe ningún dato concluyente para datarla en época almohade, el contexto de los edificios con los que se relaciona dentro del Alcázar, patio del Yeso y patio del Crucero y patio de Contratación, hacen muy plausible el considerarla obra almohade. Creemos que también su similitud con la bóveda anteriormente analizada y las diferencias que presenta con todas las posteriores cristianas avala tal atribución.

La habitación en que se encuentra esta bóveda tiene unas dimensiones de 3,95 m en dirección E-O por 4,25 m en la dirección N-S (Fig. 5). El acceso a la misma se hace por el lado occidental mediante un vano de doble arco con columna central que contó con hojas de carpintería para independizar la alcoba de la sala inmediata. La destrucción de la parte baja de los arcos de la bóveda debió comportar también la de cualquier decoración que acompañara su arranque por lo que hoy los paramentos de la sala son enteramente lisos. Actualmente, a 6,02 m de altura hay una cornisa con perfil de caveto en el que se insertan casetones rectangulares, que vino a servir de apoyo a



Figura 4
Bóveda de la alcoba de la casa del patio de Banderas del Alcázar de Sevilla

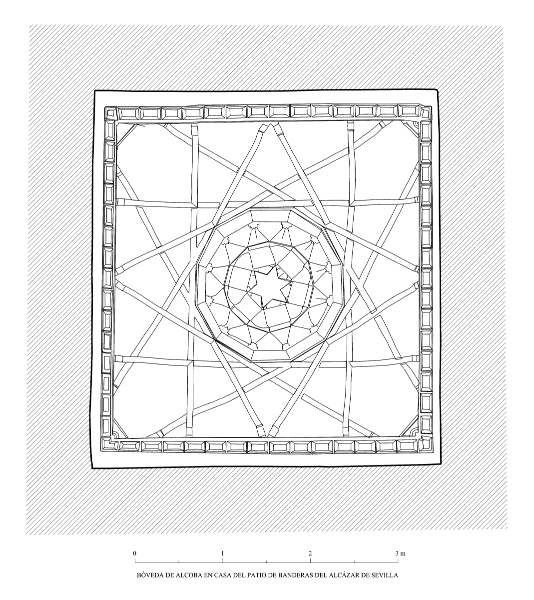


Figura 5
Planta de la bóveda de la alcoba de la casa del patio de Banderas del Alcázar de Sevilla

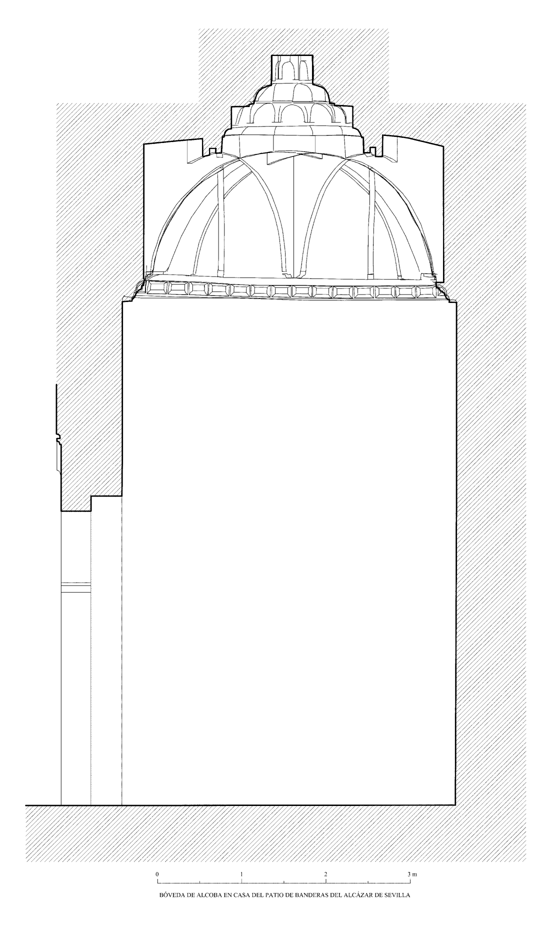


Figura 6
Sección actual de la alcoba de la casa del patio de Banderas del Alcázar de Sevilla

los arcos cuando su parte inferior fue destruida (Fig. 6). Por la forma de esta cornisa podemos deducir que esta mutilación se produjo ya en época moderna en algún momento a partir del siglo XVI o XVII. Con esa mutilación, los arcos quedaron prácticamente reducidos a algo menos de una semicircunferencia perdiendo la forma de herradura que sin duda tuvieron originalmente.

Si prolongamos los arcos hasta el punto en que debieron tener su arranque, el espacio de la alcoba recupera su primitiva fisonomía (Fig. 7). Lo primero que se aprecia es que son arcos de directriz circular. Puesto que la situación de los arcos hace inevitable la existencia de una cornisa o elemento saliente en el que puedan apoyarse las nacelas de sus arranques, debemos suponer que existiría algún friso, quizás de mocárabes, por lo que la altura total de la sala estaría dividida en dos partes prácticamente iguales, la inferior lisa y la alta ocupada por la bóveda y su ornamentación.

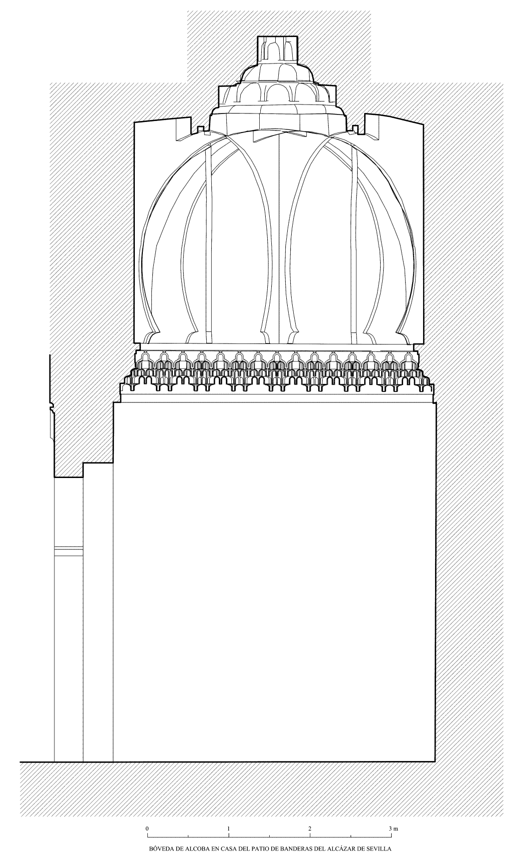
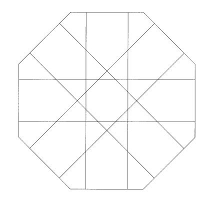


Figura 7
Sección hipotética de la alcoba de la casa del patio de Banderas del Alcázar de Sevilla

La disposición de los arcos de esta bóveda resulta algo más compleja que la que hemos visto anteriormente. La sala mantiene su planta casi cuadrada en toda su altura sin que se utilice el recurso de paso a una planta octogonal. Los arcos que configuran la bóveda son doce y delimitan en el centro un dodecá-

gono. El trazado geométrico que marca la posición de cada elemento es no obstante relativamente sencillo (Fig. 8). La planta cuadrada (en realidad casi cuadrada) se ha dividido en dieciséis cuadrados menores mediante rectas que unen los puntos medios y los cuartos de cada lado. Los cuatro primeros arcos son precisamente los situados en la posición de las líneas que unen los puntos situados a un cuarto del lado respecto de los ángulos de la habitación. El cuadrado central que se forma por el entrecruzamiento de estos cuatro arcos sirve para definir la dimensión de un polígono de doce lados. La prolongación de cada uno de los lados de este polígono hasta alcanzar los bordes de la habitación define la situación de los otros arcos. De este modo los ocho arcos adicionales que no son perpendiculares a los lados de la habitación parten, por parejas, de de los centros de cada lado formando con el eje un ángulo de 30º e integran los lados de un triángulo equilátero cuyo tercer lado no se materializa en ningún elemento de la estructura por lo que tienen su otro extremo en un punto aparentemente indeterminado de los lados contiguos. Esta construcción mantiene la propiedad de hacer que todos los arcos tengan la misma dimensión y que por lo tanto puedan haber sido construidos con una misma cimbra.

No obstante, a diferencia de lo que ocurre en la bóveda de la Kutubiyya, en algunos de los puntos de entrecruzamiento de los arcos los intradoses de éstos tienen distinta altura (Fig. 4), lo que obligaría a fragmentar la cimbra a medida de que se fueran construyendo, lo que plantea sin duda dificultades que desconocemos cómo se resolverían. Además, los arcos de esta bóveda son especialmente delgados pues apenas tienen 6 cm de espesor, lo que les hace muy frágiles y sensibles al pandeo lateral que sólo se reduce por el arriostramiento que les proporcionan los otros arcos con los que se entrecruzan. El dodecágono formado en el centro de la bóveda está ocupado por un cupulín con un triple orden de mocárabes que acaban definiendo superiormente una estrella de seis puntas con fondo plano.



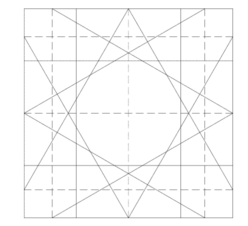


Figura 8
Trazado geométrico de los arcos entrecruzados de las bóvedas. Derecha: alminar de la Kutubiyya. Izquierda: patio de Banderas

Un tema de especial interés es el de determinar qué forma geométrica sigue la superficie de los plementos. Dado que tampoco en este caso hemos podido analizar su extradós, debemos fijarnos en la información fragmentaria que nos facilitan las superficies existentes entre los arcos. Los más significativos son los situados en los ejes de la sala y en las diagonales. Analizando sus secciones se puede deducir que corresponden a una superficie esférica cuyo diámetro es la diagonal de la sala, es decir, se trata de una bóveda baída.

Como en el caso anteriormente analizado de la bóveda del alminar de la Kutubiyya, podemos suponer que el proceso constructivo conllevaría la construcción primero de los arcos que seguramente estarán hechos con ladrillos a panderete y después se realizaría la bóveda propiamente dicha que cabe imaginar que está realizada como bóveda tabicada. No obstante, el hecho de que toda la bóveda y las paredes de la sala están perfectamente enlucidas impide poder asegurar si estas hipótesis son totalmente ciertas. Sí debemos apuntar que toda la estructura de la bóveda ha sufrido importantes deformaciones. Algunos de los arcos presentan pandeos laterales y toda la habitación ha sufrido un asiento en su lado meridional con un cedimiento de más de 10 cm, deformación que es acusada también por la cornisa moderna, por lo que cabe suponer que tal movimiento de la estructura quizás sea consecuencia de haber construido la entreplanta y aumentado la carga sobre los muros.

CONCLUSIONES

Las bóvedas que hemos analizado constituyen ejemplos de un modo de construir característico de la arquitectura andalusí. Del origen de estas formas arquitectónicas se ha escrito mucho, apuntando a su presencia en alguna de las iglesias de Armenia. (Torres Balbás 1957, 521) También parecen estar presentes en construcciones casi contemporáneas a los primeros ejemplos andalusíes en Afganistán, concre-

tamente en el Laskari Bazar de época ghaznaví (comienzos del siglo XI) (Schlumberger 1978, pl. 37b).

En la Península, a partir de su presencia en la mezquita de Córdoba, encontramos ejemplos en casi todos los períodos y una pervivencia en la arquitectura cristiana medieval y aún posterior pues se pueden considerar ejemplos de este tipo de construcciones los cimborrios aragoneses y las obras de Guarini (Peropadre 1993).

La singularidad de estos dos ejemplos estriba en la esbeltez de los arcos que resultan extremadamente estrechos respecto a la mayor parte de los demás casos que conocemos. Existe, no obstante, cierta similitud con la gran bóveda, precursora de éstas, de Tremcén que según Marçais tiene sus nervios construidos con ladrillos puestos de canto, aunque no sabemos qué tamaño tienen esas piezas cerámicas (Marçais 1954, fig. 126). En todo caso, se trata de obras que entran plenamente en el grupo de construcciones que utilizan distintos recursos para reducir el uso de medios auxiliares en el proceso de su erección (Almagro 2003, 147-149). Todas las bóvedas de datación anterior tienen sus arcos más gruesos, al igual que algunas consideradas contemporáneas. Así, las dos bóvedas del castillo de Villena, que se suponen almohades, al igual que la del cercano castillo de Biar, tienen los nervios constituidos por ladrillos en disposición roscada de un pie de espesor y otro tanto de descuelgue respecto a los plementos (Ferre 2000, 304). La de la planta primera de Villena es muy semejante de trazado a la de la Kutubiyya. Sin embargo, la de la planta segunda presenta la particularidad de que varios de sus arcos no son iguales al resto, al disponerse nervios en la diagonal del cuadrado, por lo que debieron de requerir varios tipos de cimbras. Es una lástima que no dispongamos de información sobre si las zonas originales de los plementos de estas bóvedas eran tabicadas, ya que la parte superior que sí está tabicada es de factura moderna (Ferre 2000, 305).

Seguramente, en la bóveda de arcos entrecruzados de la alcoba de la casa Toro-Buiza del alcázar Sevillano, se aprecia de una manera más clara el carácter sutil, casi de mera cimbra, que estos elementos alcanzan en la búsqueda de una mayor ligereza de las estructuras. En esta bóveda los nervios parecen hacer una función similar a la que realizan las cerchas con que se ejecutan las bóvedas tabicadas de grandes luces (Casinello 1969, 108; Moya 1947, 10-13). Sin embargo, no creemos adecuado asignarles una función propiamente tectónica, pues dada su esbeltez y fragilidad, podemos suponer que no contribuyen apenas a la transmisión de esfuerzos. Es más, se puede asegurar que aún eliminando estos nervios, la bóveda seguiría siendo estable. Por ello podemos pensar que su razón de ser, aparte de facilitar el proceso constructivo, fue fundamentalmente decorativa.

En la arquitectura mudéjar serán así mismo muy utilizadas las bóvedas nervadas tanto en la cubrición de salas interiores de torres militares como en la de las características capillas *qubba*, sobre todo de carácter funerario (López Guzmán 2000, 173-177). Pero en estos casos especialmente, los nervios suelen estar menos resaltados, predominando aún más su carácter decorativo sobre el tectónico. Sería de sumo interés disponer de más información sobre la forma constructiva de estas bóvedas que pudiera aportarnos datos sobre su verdadera forma estructural y especialmente sobre el proceso que se siguió en su construcción, ya que en algunos casos podría incluso pensarse que los nervios se han construido después de la bóveda, pegándolos a ésta.

Lista de referencias

Almagro, A. 2001. «Un aspecto constructivo de la bóvedas en al-Andalus», *Al-Qantara* 22, 1: 147-170.

Basset, H.; Terrasse, H. 1932. *Sanctuaires et Forteresses Almohades.* Paris: Inst. Hautes-Etudes Marocaines.

Casinello, F. 1969. *Bóvedas y cúpulas de ladrillo*. Madrid: Manuales y normas del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento.

Ferre de Merlo, L. 2000. «Bóvedas nervadas en el Castillo de Villena», *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, vol. 1, 304-307. Madrid: Instituto Juan de Herrera

Gestoso Pérez, J. 1889. *Sevilla monumental y artística*, Sevilla.

Gómez Moreno, M. 1951. Arte árabe español hasta los almohades, Arte Mozárabe. *Ars Hispaniae,* vol. 3, Madrid: Plus Ultra.

López Guzmán, R. 2000. *Arquitectura Mudéjar*. Madrid: Manuales de Arte Cátedra.

Manzano, R. 1995. «Casas y palacios en la Sevilla Almohade. Sus precedentes hispánicos». En *Casas y Palacios de Al-Andalus. Siglos XII y XIII,* 315-352, editado por J. Navarro. Barcelona.

Marfil Ruiz, P. 1998. «Trabajos de investigación arqueológica en las cúpulas de la *maqsura* de la mezquita de Cór-

doba, Nuevos datos para el conocimiento del lucernario de al-Hakam II en la Capilla de Villaviciosa de la Mezquita de Córdoba», *Qurtuba* 3: 250-253.
Marçais, G. 1954. *L'Architecture musulmane d'occident. Tunisie, Algérie, Maroc, Espagne et Sicilie.* Paris: Arts et Metiers Graphiques.
Maslow, B. 1948. «La Qoubba Barudiyyin à Marrakus», Crónica arqueológica 12, *Al-Andalus* 13, 1: 180-185.
Moya Blanco, L. 1947. *Bóvedas tabicadas*, Madrid.
Ortiz Juárez, D. 1982. «La cúpula de la Capilla Real de la catedral de Córdoba. Posible obra almohade». *Boletín de la Asociación Española de Orientalistas* 18: 197-216.
Peropadre Muniesa, A. *En torno a Guarino Guarini: discurso de ingreso del Muy Ilustre Doctor Ángel Peropadre Muniesa y contestación a cargo del Muy Ilustre Profesor Doctor Ángel San Vicente Pino*, Zaragoza: Real Academia de Nobles y Bellas Artes de San Luis.
Schlumberger, D. 1978. *Laskari Bazar: une résidence royale ghaznévide et ghoride*. Paris: Librairie C. Klincksieck Diffussion Boccard.
Torres Balbás, L. 1943. «Origen árabe de la palabra francesa "ogive"». Crónica Arqueológica de la España Musulmana 13, *Al-Andalus* 8: 2
Torres Balbás, L. 1949. Arte almohade, Arte nazarí, Arte mudéjar. *Ars Hispaniae,* vol. 4 Madrid: Plus Ultra.
Torres Balbás, L. 1957. «Arte Hispanomusulmán hasta la caída del califato de Córdoba». En *Historia de España,* dirigida por Menéndez Pidal, vol. 5. Madrid: Espasa Calpe.

Arquitectura religiosa: análisis constructivo y estructural

Adolfo Alonso Durá
Juan Gomis Gomez-Ygual
Jésica Moreno Puchalt
Verónica Llopis Pulido

La actual Iglesia parroquial San Miguel Arcángel de Jalance (Valencia), se levanta en 1736, justo doscientos años después de que siendo mezquita se convirtiera en parroquia cristiana y doscientos años antes de que sufriera un incendio durante la guerra civil. (Poveda 1995)

Se sitúa en un lugar estratégico en una cota elevada, sobre un terreno con predominio de yesos y arcillas, sobre el que se han realizado actuaciones que con el paso del tiempo es previsible que hayan alterado las condiciones morfológicas del terreno natural. (Figura1)



Figura 1
Jalance a principios del siglo XX (Poveda 1995)

El edificio es fruto de una sucesión de fases constructivas que responden a los distintos usos que ha sufrido. A su vez se ha variado su entorno inmediato, como la apertura de una calle perimetral que obliga a retirar el perfil de la montaña, dejando visto el trasdós de la fachada oeste. La fachada Este presenta mayor desplome, también es en ésta donde se aprecian más actuaciones de construcción ejecutadas, abertura de huecos, cegado de los mismos, arcos de descarga, juntas de acabado en diversas épocas, reanudaciones posteriores de recrecido con otra verticalidad, etc

Con la finalidad de proponer una intervención adecuada, es necesario conocer las causas que lo producen y para ello se han empleado diferentes herramientas de trabajo, como el georrádar, escáner láser 3D permitiendo obtener un levantamiento exacto de planos y realización de infografías que ayudan a entender la realidad constructiva del edificio objeto de estudio.

Se efectuarán dos niveles de cálculo, un primer nivel se centrará en una evaluación general del estado de equilibrio recurriendo al empleo de estática gráfica, para obtener una valoración más precisa se recurre, en un segundo nivel, a modelos de cálculo numérico que permiten la visualización de la distribución de esfuerzos y tensiones en las diferentes partes del volumen.

Análisis constructivo

Fachada principal que vuelca a una amplia plaza orientada al Sur, rectangular, con ejes longitudinales



Figura 2
Plaza de la Iglesia San Miguel Arcángel desde la falda de la montaña (Moreno 2010)



Figura 3
Vista Noroeste de la Iglesia (Poveda 1995)

principales de la plaza y de la Iglesia coincidentes. Se encuentra totalmente exenta, estando anteriormente adosada a la falda de la montaña y su cota topográfica de nivel en esta zona era también más alta. Con objeto de buscarle a la plaza una salida y hacerla de un solo sentido, se procedió a retirar el perfil de la montaña lo suficiente para el paso de vehículos, lo que generó la construcción de un muro de mampostería ordinaria para contención de tierras, y su cota de nivel quedó rebajada considerablemente, con lo que se han hecho unas actuaciones que con el paso del tiempo, han alterado las condiciones morfológicas del terreno natural. (Figura 2)

Planta de Iglesia de una sola nave con crucero, presbiterio y capillas laterales en ambos lados, que nacen como resultado del perímetro exterior de la Iglesia y los contrafuertes de los arcos fajones interiores. (Figura 3) (Figura 4)

Cimentación consistente en una base de una mampostería ciclópea con capas de ripio alternadas con morteros de cal, hipótesis realizada considerando el sistema constructivo de la Iglesia y la fecha de su inicio ya que no se ha podido realizar cata alguna.

Muros de fábrica de mampostería ordinaria, resueltos con ripios de la zona, recibidos con morteros de cal, perfectamente aparejados y solucionados sus encuentros con otros tipos de fábricas, esquinas, rincones o cambios de planos. Mantienen su verticalidad en el lado Oeste pero no en el Este que, a simple vista y con ayuda de los aparatos de toma de datos se



Figura 4
Vista Interior de la Iglesia (Moreno 2010)

aprecian los desplomes que sufren la coronación del muro y descensos en el interior.

Arcos fajones resueltos con fábrica de ladrillo macizo aparejado a matajunta, quedan contrarrestados exteriormente por los contrafuertes, que se elevan por encima de los muros perimetrales y son perpendiculares a estos últimos. Están resueltos con fábrica de mampostería alternada con fábrica de ladrillo macizo recibido con morteros de cal.

Arcos formeros, de menor altura que los fajones, dan abertura a las capillas laterales y sirven de apoyo a las cubiertas de estas últimas y soporte de los muros longitudinales que configuran la nave central.

El espacio interior se cubre con bóvedas de cañón, tabicadas y presumiblemente de dos roscas de ladrillo, que arrancan de los muros perimetrales y se desarrollan entre los arcos fajones. Incorporan lunetos en sus arranques, que dan origen a la formación de los ventanales y proporcionan la iluminación necesaria en el interior.

El crucero, de perímetro rectangular, sobresale en altura de la nave central y del mismo se eleva en su parte central la cúpula que de base cuadrada pasa a octogonal a través de las pechinas que se forman entre los arcos torales y la cúpula.

Las cubiertas son inclinadas, constituidas por faldones y el revestimiento de las mismas está resuelto con tejas curvas recibidas con mortero de cal, formando los ríos y las cobijas.

El coro alto es una construcción relativamente reciente, realizada sobre la cancela de entrada por la fachada principal y resuelta con forjado horizontal, se apoya en la parte interior del muro de la fachada, en los muros laterales y por su frente en dos columnas con base, fuste y capitel que reciben tres arcos de medio punto.

Las dependencias parroquiales se emplazan en la zona posterior del presbiterio y cierra el perímetro de la Iglesia por su parte Norte. Tiene dos alturas, en la baja se ubica la sacristía, aseo, almacén de objetos eclesiásticos, instalaciones y escalera. La planta alta se destina a archivo y pequeño museo. Es una construcción también de fábrica de mampostería como el resto de la Iglesia y se puede apreciar en ella sus distintas fases edificatorias: la construcción de la planta inferior y en una segunda fase la planta superior, de una peor calidad constructiva.

Los revestimientos exteriores de la Iglesia permiten ver los ripios embebidos con los morteros de cal, destacable en los contrafuertes de los arcos fajones, donde parte de ellos han desaparecido como consecuencia de las aguas de las lluvias que lavan dichas superficies.

La fachada Este es la que más desplome presenta, y donde se aprecian más actuaciones de construcción ejecutadas, abertura de huecos, cegado de los mismos, arcos de descarga, juntas de acabado en diversas épocas y reanudaciones posteriores recrecidos con otra verticalidad.

La torre campanario, de base cuadrada, se emplaza en la esquina izquierda de la fachada principal y queda integrada en el perímetro de la Iglesia; podría ser parte del minarete árabe de la primitiva mezquita que después se transformó en torre para albergar las campanas y adaptarla al culto cristiano. Su construcción es de paredes gruesas y, teniendo en cuenta la construcción del nuevo vial, ésta debió sufrir un asentamiento que hizo necesario que se reforzasen sus cimientos y la base aérea con taludes inclinados de mampostería recibida con morteros de cemento, para evitar su desmoronamiento.

Exteriormente la torre presente una fachada lisa, carente de huecos a excepción de los de la sala de campanas, y su revestimiento es uniforme y pintado en color claro. En su parte Norte este revestimiento y su correspondiente pintura empiezan a perderse…

Análisis del terreno

Enclavado en la comarca del Valle de Ayora, la Iglesia está ubicada sobre terrenos del Triásico Superior (Keuper), con abundancia de arcillas y yesos laminados blancos y grises, característicos en esta Comarca Valenciana. La composición de estos terrenos es muy sensible a los cambios de humedad, provocando dilataciones, contracciones, y movimientos en la cimentación. (Lendínez et al. 1980)

Se realiza un estudio geofísico mediante la técnica no destructiva del Georrádar, obteniendo la localización de niveles en el subsuelo, la detección de humedades y ubicación de eventuales estructuras enterradas.[1]

Se proyectan 12 perfiles de georrádar, las longitudes de cada uno de los perfiles se han registrado con un odómetro conectado a la unidad de georrádar. Se ha investigado con detalle desde la cota 0 hasta unos 10 m de profundidad. (Figura 5)

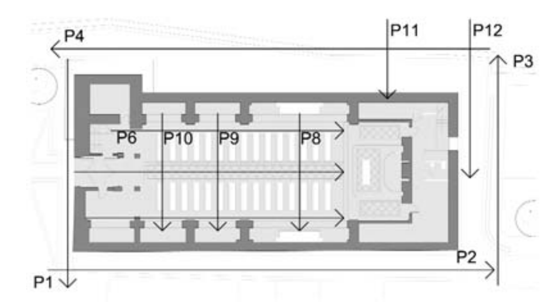


Figura 5
Perfiles Georrádar en el interior y exterior (García 2010)

Las conclusiones más relevantes son:

A lo largo la mayoría de los perfiles estudiados se diferencian 2 zonas de humedades en el subsuelo: una a partir de los 7'5m y otra desde la superficie hasta una profundidad de 1'5-2'5 m en todo el perfil.

Un mayor grado de humedad en el subsuelo en los perfiles P4, P5 y P6, respecto a los demás perfiles, principalmente el perfil P4. (Figura 6)

En el perfil P4 se ha detectado además una zona de humedades entre los 4 y 6 m de profundidad.

Una eventual estructura removida al final del perfil P8.

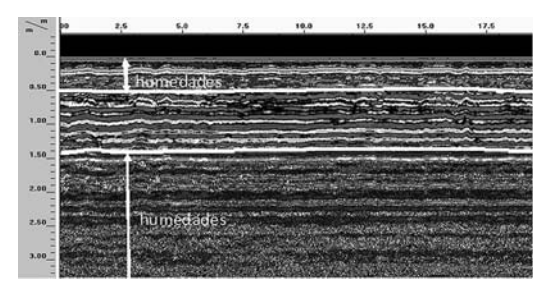


Figura 6
Perfil 6 del estudio mediante georrádar (García 2010)

Patologías

Comparando los resultados del georrádar con la información obtenida a partir de las fichas realizadas de patologías queda justificado que la mayor parte de humedades quede concentrada en el muro Oeste. La profundidad a la que aparece la corriente de agua indicada en el estudio oscila entre 1-1'70m y otra capa más profunda alrededor de los 5'00m. Las obras a realizar (drenaje a lo largo de la fachada Oeste) deberán evitar el aporte de agua en esos estratos y cortarlo en el entorno de la cimentación.

La cimentación del muro Este puede haber sufrido un descenso o un giro, manifestándose al exterior con un desplome del cerramiento cuya consecuencia inmediata es un plano de corte longitudinal en la Iglesia con la aparición de descensos en la clave de los arcos y bóvedas y una serie de fisuras longitudinales de importancia estructural.

Las fisuras de mayor importancia estructural se agrupan en la clave de los arcos y bóvedas, con trazado que sigue la dirección longitudinal de la Iglesia, siendo la mayor concentración de fisuras de nivel de urgencia bajo en la mitad longitudinal Este, que sufre el desplazamiento, manifestándose en la otra mitad fisuras de importancia visual. (Figura 7)



Figura 7
Fisuras en arcos y bóvedas (Moreno 2010)

Análisis estructural

Los materiales empleados para su construcción, mampostería, ladrillo, presentan una baja resistencia a tracción, por el contrario, cuentan con una buena resistencia a compresión, será esta característica la que determine su estabilidad, estamos ante estructuras que resisten más por su forma que por la resistencia propia del material. (Tabla 1)

	Mampostería	Ladrillo bóvedas	Ladrillo cúpula	Ladrillo cúpula base
Módulo de deformación (Kp/cm2)	100.000	50.000	50.000	50.000
Coeficiente de Poisson	0’18	0’15	0’15	0’15
Peso específico (Kp/m3)	2.000	2.800	2.400	4.000
Coeficiente de dilatación	0’000012	0’000012	0’000012	0’000012

Tabla 1
Características mecánicas de los materiales empleados en la modelización (Alonso 2010)

Las tracciones provocan diferentes grados de fisuración, desde una fisuración con la única importancia a nivel visual o estético, que no supone un peligro para la estabilidad del conjunto, hasta aquellas en las que pueda suponer un colapso del mismo.

Para identificar las posibles causas de la fisuración de los arcos y bóvedas, y del desplome de los muros y contrafuertes de la fachada Este se ha efectuado un análisis estructural para evaluar los empujes.

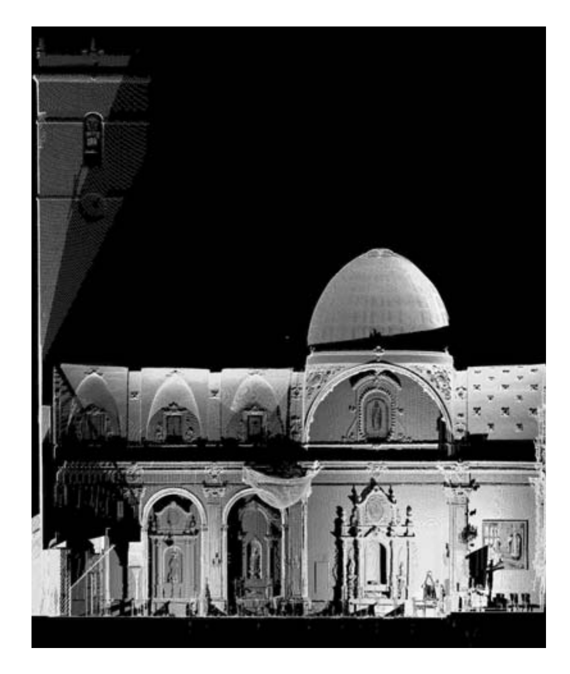


Figura 8
Sección Longitudinal proporcionada por el barrido del Escáner Láser 3D (Navarro 2010)

A partir de la inspección visual del edificio, se puede deducir que las causas de los daños aparecidos pueden obedecer a dos motivos: al asiento de los cimientos de la fachada Este y al efecto del empuje de los arcos fajones y la bóveda sobre los contrafuertes y el muro exterior.

Se ha efectuado un cálculo por análisis límite de la parte de estructura formada por el arco toral S5 y el contrafuerte S3.

Para la realización del modelo de cálculo, se ha empleado el Escáner Láser 3D, que permite obtener un levantamiento gráfico de gran precisión reflejando las deformaciones reales, que pueden ser traducidas en dicho modelo.[2] (Figura 8)

Análisis Límite

El modelo de cálculo se desarrolla a través de la sección por los contrafuertes definiendo unos bloques, a modo de dovelas virtuales, que permiten estudiar el equilibrio estático del conjunto frente a las acciones gravitatorias. Estas dovelas no reproducen la dimensión real del tamaño del ladrillo en este caso de fábricas cerámicas. Su dimensión en el modelo sirve para determinar el peso-equilibrio estático. Este cálculo proporciona la línea de presiones, los empujes y tensiones en las diferentes partes del modelo y con la aplicación de los teoremas del análisis límite, permite determinar el grado de seguridad de la estructura y entender el funcionamiento de la misma. (Figura 9) (Oñate 2004)

Si es posible encontrar una línea de empujes interior al arco que esté en equilibrio con las cargas aplicadas, el arco es estable. No es necesario encontrar la línea de empujes real, sino cualquiera que equilibre el arco y esté en el interior del mismo. La “holgura”

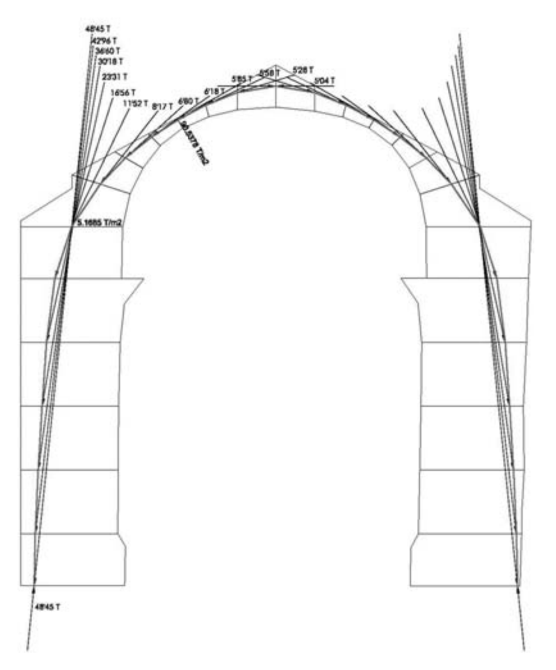


Figura 9
Esquema de empujes y línea de presiones del modelo de cálculo del contrafuerte S3 (Moreno 2010)

que tenga el trazado de la línea de empujes entre el trasdós e intradós del arco determinará el grado de seguridad. Por lo tanto el coeficiente de seguridad es geométrico.[3] (Heyman 1995a, Heyman 1995b; Huerta 2004)

En el cálculo se ha considerado un espesor de la bóveda de 10 cm y de la cúpula de 15 cm. Se ha tenido en cuenta la parte correspondiente de las cargas de tejas, capa de arena, los tabiquillos conejeros que forman la pendiente de la cubierta, relleno de los senos de la cúpula, pechinas y bóvedas. Se modeliza la mitad del contrafuerte con 13 dovelas, sobre cada una de las dovelas que recibe la cubierta se han situado las cargas de peso propio y nieve correspondientes.

Partiendo de este modelo de geometría y con la estimación de cargas evaluadas, se efectúan sucesivos cálculos de empujes en la clave, arranque y la línea de paso de las presiones entre dovelas del arco.

La valoración de los resultados refleja que en la mayoría de gráficos estudiados la línea de presiones se sale del espesor de arco estimado, siendo únicamente posible el paso de empujes en el interior en el caso que se expone en las imágenes 95 y 98. Se evalúa el arco como estable, considerando el coeficiente de seguridad geométrico bajo, puesto que la línea no recorre el arco holgadamente, sino que se acerca sensiblemente al perímetro del arco.

Se extraen las siguientes conclusiones del análisis de los empujes calculados:

El trazado de la línea de presiones en el arco del contrafuerte S3 queda de forma holgada en su interior, entre su intradós y extradós. Esto indica que la rotura en la clave no se debe a una formación de rótula por carga excesiva o por espesor del arco insuficiente, sino por separación del contrafuerte en el arranque del arco.

El trazado de la línea de presiones en el arco toral S5 queda muy ajustada en su interior, esto indica que el coeficiente de seguridad geométrico es muy bajo.

Los valores de tensiones evaluadas son lo suficientemente pequeñas como para no provocar rotura en la fábrica por compresión-aplastamiento de la misma. Los valores van desde 0'51 kp/cm2 hasta 9,31 kp/cm2. Los valores mayores corresponden a la parte inferior de los contrafuertes debido a la excentricidad de la carga.

El trazado de la línea de presiones en los contrafuertes indica una fuerte excentricidad del empuje, desplazándose hacia el exterior. Este efecto es el determinante en la aparición de fisuras pues provoca un giro del contrafuerte hacia el exterior y por lo tanto el desplome del mismo.

La distribución de empujes es simétrica en ambas fachadas. La fachada Oeste tiene dispuesto la torre-campanario en el extremo junto a la fachada Sur, y hasta hace pocos años un nivel de suelo de la ladera entre 3 y 4 metros por encima de la cota del pavimento de la Iglesia. Este extremo hace que el muro y contrafuerte de la fachada Oeste haya estado apoyado lateralmente y no haya girado, por lo que no presenta desplome, tal y como se ha podido comprobar con el levantamiento del Escáner Laser 3D.

La fachada Este no ha tenido nunca un elemento adosado, sino una calle, por lo que presenta un fuerte desplome.

Análisis Numérico

Ante los daños acaecidos en las bóvedas, arcos y muros de la Iglesia, se ha considerado oportuno proceder a un análisis de su estabilidad como parte de la investigación necesaria para abordar con mejores garantías el proyecto de rehabilitación.

Sobre la base de un levantamiento gráfico minucioso de la geometría de las bóvedas, arcos, muros, y contrafuertes, de sus características constructivas, así como de la estimación de las cargas gravitatorias que actúan sobre ellos, la metodología de análisis que se ha seguido para evaluar el comportamiento estructural es la siguiente:

Se efectúa un modelo tridimensional del edificio por el Método de Elementos Finitos, con un mallado de sólidos para los muros, arcos formeros y fajones, torre, pechinas y tambor y con un mallado de elementos superficiales para las bóvedas de cañón con lunetos, las bóvedas de cañón sin lunetos y la cúpula.

Análisis estático lineal que permite evaluar las tensiones que se producen en la fábrica, sin considerar el estado fisurado de la misma, teniendo en cuenta la hipótesis de peso propio (López, Oller y Oñate 1998).

La sección constructiva queda determinada a partir de las plantas y alzados correspondientes al volumen que se analiza, en general partimos de la consideración de un material homogéneo en el conjunto de los muros edificio, en este caso el material predominante es la mampostería, con una densidad media de 2000 kg/m3 existiendo en la realidad materiales, en la configuración de los muros, de características diferentes, siendo conscientes de esta situación en el modelo de cálculo se realiza una simplificación y se considera un único material con una densidad media. (Martínez y Alonso 2002; Martínez, Alonso y Llopis 2004; Soler, Martínez y Alonso 2006)

En cuanto al material de formación de las bóvedas, debido a la falta de datos precisos sobre su composición, se ha considerado una hipótesis, se suponen bóvedas tabicadas de dos roscas de ladrillo macizo a cuyo peso específico se le ha añadido la repercusión de la carga que soporta (relleno de senos, tabiquillos conejeros y formación de cubierta).

Los materiales que conforman la cúpula también tienen una estimación de la repercusión del peso de las tejas y la capa de arena por un lado, y por otro, a la base de la cúpula se le añade el peso del relleno considerando la altura del tambor. Se considera un material de relleno no resistente y de densidad superior entorno a los 1500 Kg/m3.[4]

En la siguiente tabla se recogen las principales características mecánicas de los distintos materiales empleados en la modelización:

El modelo de cálculo del edificio completo desarrollado a partir de elementos finitos sólidos y superficiales se basa en una malla tridimensional de 11.846 elementos hexaédricos que reproducen los muros de las fachadas, torre, arcos fajones y arcos formeros y 82.369 elementos tetraédricos que reproducen las pechinas. Un total de 2.338 elementos superficiales definen las bóvedas de cañón con lunetos, la bóveda de cañón sin lunetos sobre el altar mayor, las bóvedas de cañón de las capillas laterales y la cúpula. Para el cálculo final se obtienen un total de 41.891 nodos con 907 apoyos.

Se inicia el estudio a partir de los desplazamientos obtenidos en el análisis lineal, los máximos valores de descensos según el eje z se producen en la coronación de la torre-campanario, en la parte superior de las bóvedas con lunetos y en la cúpula. Se alcanzan valores de 0’0865 cm, esto permite afirmar que nos encontramos con una estructura de gran rigidez dado que la deformación total es menor a 1 mm. (Figura 10)

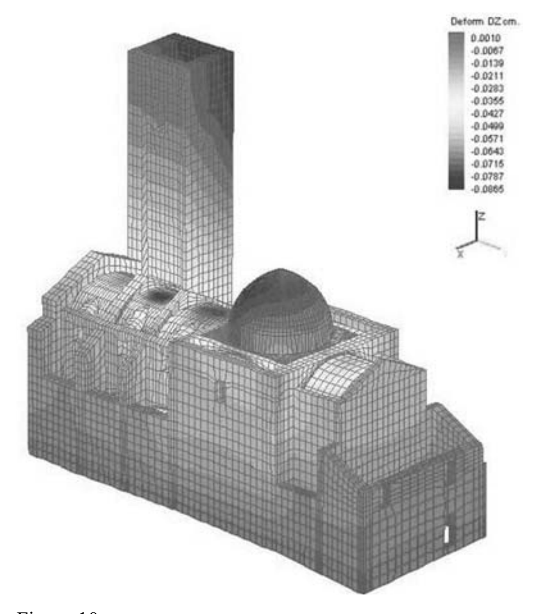


Figura 10
Modelo de cálculo Dz de la estructura completa, sólidos y láminas (Moreno 2010)

Los desplazamientos según el eje x alcanzan valores máximos en el sentido positivo de dicho eje de 0’0267 cm, éstos se concentran en el muro Este en la zona de apoyo de los arcos torales, mostrando el empuje que éstos ejercen sobre dicho muro. Si bien es cierto que se trata de valores considerablemente despreciables, sirve para corroborar analíticamente el desplome que está sufriendo ese muro, constatado por las mediciones obtenidas mediante el Escáner Láser 3D. (Figura 11)

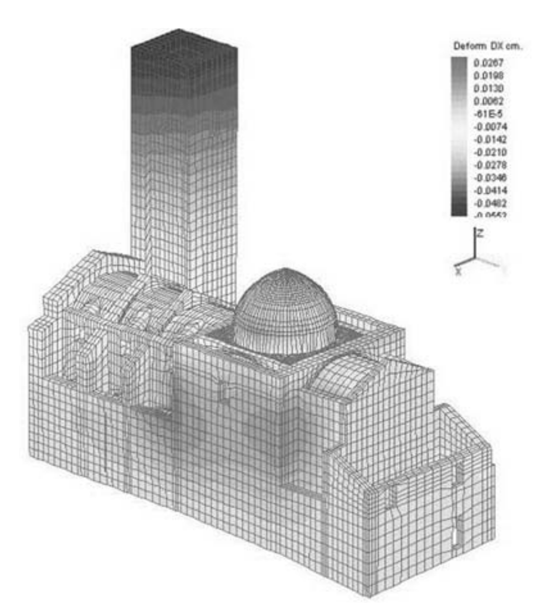


Figura 11
Modelo de cálculo Dx de la estructura completa, sólidos y láminas(Moreno 2010)

la parte superior de las bóvedas y en la cúpula. Asimismo, la bóveda 1 (próxima a la fachada Sur) sufre un descenso menor que la bóveda 2 y la que mayor descenso sufre es la bóveda 3 (cercana a la cúpula por su lado Sur). En cambio la bóveda de cañón sin lunetos (próxima a la cúpula por su lado Norte) no sufre descensos acusados, esto confirma las mediciones obtenidas mediante el Escáner Láser 3D. (Figura 12)

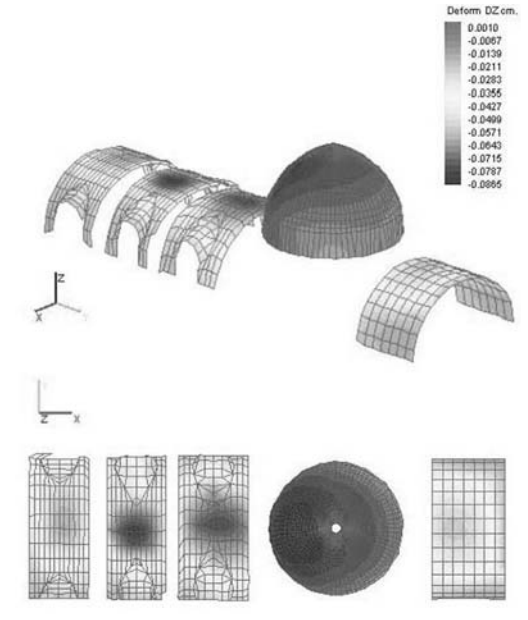


Figura 12
Modelo de Cálculo desplazamiento Dz de las Bóvedas y Cúpula (Moreno 2010)

Pasamos a analizar ahora las tensiones en los elementos lámina del conjunto estructural, es decir, en las bóvedas y cúpula. Los valores de las tensiones Sx oscilan entre +0’1311 N/mm2 y -0’5505 N/mm2. El rango de valores se mueve prácticamente dentro de la compresión, esfuerzo óptimo de trabajo de las bóvedas y del material que las componen, según la hipótesis planteada son bóvedas tabicadas de dos roscas de ladrillo. Los valores de tracción según el eje x se dan en las zonas en las que han aparecido fisuras ya que tienden a abrir las bóvedas.

Analizando las deformaciones según el eje z, observamos que los descensos máximos se producen en

Analizando la distribución de tensiones Sx y Sy en las bóvedas y cúpula observamos que aparece una concentración de tensiones Sy de tracción en la zona de unión de las bóvedas con la clave de los arcos fajones y en los lunetos, especialmente en los del lado Norte, con valores máximos de 0’0898 N/mm2 es en esas zonas donde surgen las fisuras ya que el material que forma las bóvedas y los arcos no soporta las tracciones y además el muro Este está sufriendo un desplome que genera la separación entre los apoyos de las bóvedas y, por tanto, la mayor concentración de fisuras en la mitad longitudinal Este.(Figura 13)

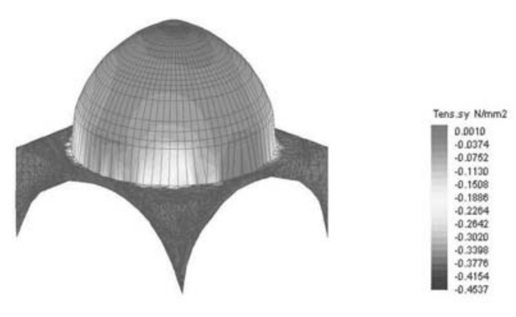


Figura 13
Modelo de cálculo Tension Sy de la Cúpula (Moreno 2010)

Conclusiones

Analizando la distribución de tensiones Sx y Sy en las bóvedas y cúpula observamos que aparece una concentración de tensiones Sy de tracción en la zona de unión de las bóvedas con la clave de los arcos fajones y en los lunetos, especialmente en los del lado Norte, con valores máximos de 0'0898 N/mm2, es en esas zonas donde surgen las fisuras ya que el material que forma las bóvedas y los arcos no soporta las tracciones y además el muro Este está sufriendo un desplome que genera la separación entre los apoyos de las bóvedas y, por tanto, la mayor concentración de fisuras en la mitad longitudinal Este.

Debido al desplome que sufre el muro Este, desplazándose la coronación de éste hacia el exterior de la Iglesia, el movimiento horizontal del apoyo de los arcos fajones y las bóvedas provocan que éstas se abran produciendo fisuras en la dirección perpendicular al movimiento que sufre el muro de cerramiento. Como consecuencia, la clave presenta un descenso, tal y como muestra el levantamiento gráfico a partir del barrido con Escáner Láser 3D. Las fisuras que presentan un nivel de gravedad estructural mayor discurren en dirección N_S, longitudinalmente a la Iglesia. Además se concentran en la mitad longitudinal Este, que es la zona que se desplaza.

En los últimos años se ha abierto un paso para vehículos entre la fachada Oeste y la montaña, retirando el perfil de ésta que antes llegaba hasta el muro, una cámara bufa servía como ventilación.

Ahora el muro recibe el agua de lluvias provenientes de la montaña y de las capas superficiales del terreno, según resultados del georrádar. El cambio en las condiciones de contorno del muro Oeste, anteriormente parcialmente enterrado, hace que la mayor concentración de humedades se produzca en ese lateral.

La presencia de humedades ayuda a la aparición de patologías como daños producidos por xilófagos, vegetación en las cubiertas y muros, desconchamientos…

Del análisis por estática gráfica se deduce que la línea de presiones tiene un trazado bastante ajustado al interior del arco, entre el intradós y el trasdós, esto indica que el coeficiente de seguridad geométrico es muy bajo. La fuerte excentricidad hacia el exterior del empuje en la base del contrafuerte provoca un giro de éste hacia el exterior, el desplome del mismo, y por lo tanto la aparición de fisuras.

La intervención a realizar no debe aumentar peso a las bóvedas ya que provocaría un mayor descentramiento del empuje sobre los contrafuertes, no garantizando el equilibrio.

Analizando los resultados obtenidos del modelo de cálculo se concluye la gran rigidez de la estructura, a pesar de ello se evidencia que los descensos más acusados se producen en las bóvedas más cercanas a la cúpula, el desplazamiento de la coronación del muro Este hacia el exterior de la Iglesia también aparece reflejado, las tensiones de tracción en las bóvedas se concentran en el mismo lugar donde se manifiestan las fisuras corroborando la pequeña resistencia a tracción que tiene el ladrillo. En cambio toda la cúpula está trabajando a compresión, por ello no presenta ninguna fisura.

Las intervenciones realizadas son, en una primera fase, atirantar los contrafuertes en su parte superior para evitar que la componente horizontal de los empujes de los arcos los abran más. En una segunda fase se deberá de incidir sobre el terreno para evitar el aporte de agua que suponga variaciones del volumen de éste y, por tanto, movimientos en los muros, para ello se realizará un drenaje en la Calle de la Abadía y se revisará el alcantarillado de la Calle de la Iglesia para detectar posibles fugas.

Notas

1. Estudio Georrádar realizado por D. Francisco García García, Catedrático de Geofísica e Ingeniero de Minas, de la Universidad Politécnica de Valencia.

2. Estudio mediante Escáner Láser 3D, realizado por D. Pablo José Navarro Esteve, Catedrático en Expresión Gráfica de la Universidad Politécnica de Valencia.
3. Para el cálculo de equilibrio de arcos se ha utilizado el programa de cálculo Statical, se trata de una aplicación desarrollada en lenguaje AutoLisp para Autocad, por el profesor Adolfo Alonso Durá, en el Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Universidad Politécnica de Valencia.
4. El modelo numérico se ha efectuado sobre un programa de cálculo elaborado por el profesor Adolfo Alonso Durá, CidCad, en el Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Universidad Politécnica de Valencia, en el que la modelización se realiza sobre un programa estandar de Cad.

Lista de referencias

Heyman, Jacques. 1995. *El esqueleto de piedra*. Mecánica de la Arquitectura de fábrica. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Heyman, Jacques. 1995. *Teoría y restauración de estructuras de fábrica.* Instituto Juan de Herrera. Madrid.

Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas*. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica. Instituto Juan de Herrera.

Lendínez, A.; Tena, M; Bascones, L y Martín, D. 1980. *Mapa Geológico de España. E: 1/50.000.* MAGNA. Hoja número 745 (Jalance). Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.

López, J.; Oller, S. y Oñate, E. 1998 *Cálculo del comportamiento de la mampostería mediante elementos finitos*. Monografía CIMNE nº 46. Barcelona.

Martínez, A y Alonso, A. 2002. *Metodología de evaluación de estructuras históricas: aplicación al estudio de las cúpulas*. XIV Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Valladolid.

Martínez, A; Alonso, A y Llopis, V. 2004. *La estabilidad de las cúpulas de fábrica. La teoría y su relación con la práctica*. VII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Lanzarote.

Oñate, E. 2004. *Cálculo de estructuras por el Método de los Elementos Finitos. Análisis estático lineal*. Segunda edición Cimne. Madrid.

Poveda, J.V. 1995. *Historia de Jalance*. Edita el Ilustrísimo Ayuntamiento de Jalance.

Soler, R.; Martínez, A. y Alonso, A. 2006. *The eighteen Century Brickwork Domes in Valencia*. Proceedings of the Second International Congress on Construction. Cambridge University.

Bóvedas baídas en el ámbito castellano. La iglesia de Navamorcuende (Toledo)

Miguel Ángel Alonso Rodríguez
José Calvo López

A finales de 1559 Pedro de Tolosa firmó el contrato y las condiciones para proseguir la cabecera de la Iglesia Santa María de la Nava de Navamorcuende, comprometiéndose a terminar de levantar los muros y cerrar la cabecera que había sido iniciada por maestros desconocidos que proyectaron hacerlo con una bóveda de crucería, pero las condiciones cambiaron y el contrato que tomó Tolosa especificaba que debería ser abovedada «sin crucería ninguna», y lo hizo con una bóveda baída por hiladas cuadradas.

La cabecera consta de un ábside ochavado de tres paños y un tramo recto de planta trapezoidal que tiene adosada la sacristía. La iglesia continúa en una sola nave de tres tramos; en el primero se abren dos capillas entre los contrafuertes; en el siguiente se sitúan, retranqueados, dos accesos laterales; el tercer tramo se abre al ancho de las capillas y en el se dispone el coro elevado. A los pies de la iglesia se sitúa un portal cubierto, que aloja el pórtico principal, flanqueado en el interior por dos capillas que son la base de las torres aunque solo una, la del lado del evangelio, llego a erigirse.

Pedro de Tolosa sólo intervino en la cabecera de la iglesia pero todas las bóvedas de la iglesia, excepto la de la sacristía que es anterior, ocho en total, se cierran con bóvedas baídas despiezadas por hiladas cuadradas (Gutiérrez Pulido 2009; ver también Marías 1983-1984 y Rodríguez Robledo 1994).

El procedimiento habitual en los tratados de cantería para despiezar una bóveda baída por hiladas cuadradas es equivalente al de la bóveda esférica por hiladas redondas y consiste en asimilar cada hilada a un cono y desarrollarlo para obtener la plantilla del intradós con la diferencia de que ahora las hiladas son el resultado de cortar la esfera por planos verticales y en consecuencia los conos son de eje horizontal, al igual que los lechos. El encuentro de las hiladas en las esquinas del cuadrado, que divide la superficie esférica en cuatro cascos, puede ser direc-



Figura 1
Dovelas con ramales en la bóveda de la cabecera de la iglesia de Santa María de la Nava de Navamorcuende

tamente una sobre otra de forma alternada y se conoce como aparejo gualdrapeado, o mediante un sillar en forma de V de manera que cada brazo es de una hilada y se denomina en ramales, con la variante de que la V no tenga brazos y se transforme en una pieza romboidal. Alonso de Vandelvira (c. 1580) aplica este despiece arquetípico de la bóveda esférica al menos en seis títulos en los que la planta no es necesariamente cuadrada, lo que indica la versatilidad de este aparejo.

En este trabajo hemos estudiado la configuración geométrica y el despiezo del intradós de las bóvedas de la Iglesia parroquial de Navamorcuende, a partir de un levantamiento riguroso, y lo hemos puesto en relación con los modelos ideales descritos en los tratados de cantería más próximos, en un esfuerzo por explicar su configuración constructiva, en particular, y la forma de construir las bóvedas despiezadas por hiladas cuadradas, en general.

La bóveda de planta trapecial de la cabecera

La bóveda baída de la cabecera esta limitada por cuatro arcos rebajados que tienen las claves dos a dos a la misma altura y que en planta definen un trapecio escaleno. Está rematada por un óculo, que en la actualidad se encuentra cegado, pero que debía alojar una linterna con cuatro ventanas según se estipula en el contrato. Está despiezada por «hiladas cuadradas» y el óculo lo está de forma radial resolviéndose la transición mediante una hilada de sobrelecho «en cuadrado» y lecho «en redondo» con juntas quebradas, que arrancan perpendiculares al «cuadrado» y al círculo respectivamente. Vandelvira se detiene en explicar cómo obtener sus plantillas de intradós de estas piezas singulares al tratar de la *Capilla cuadrada artesonada*. La bóveda es una superficie continua salvo las dos últimas hiladas cuadradas, que se retranquean ligeramente formando dos escalones.

Las juntas entre hiladas son paralelas a los lados de la planta y están aplomadas en su mayoría, salvo en el cuartel de la cabecera, donde presentan algunas deformaciones debidas al empuje de los arcos del ochavo que remata la cabecera. El encuentro entre hiladas se resuelve con ramales, excepto en la primera, donde se dispone una pieza triangular cuya junta superior es horizontal, quizás porque el lecho de esta primera hilada sea un plano horizontal, como en los jarjamentos de tradición medieval. Los rincones de los ramales no están alineados según rectas y describen curvas ligeramente combadas, ordenadamente, hacia el eje longitudinal de la bóveda. Las juntas entre las dovelas de la misma hilada convergen en abanico hacia los ejes de los arcos perimetrales, como sucede en los despiezos por conos de eje horizontal.

Si bien a primera vista el intradós de la bóveda puede parecer esférico, un examen más detenido, a la

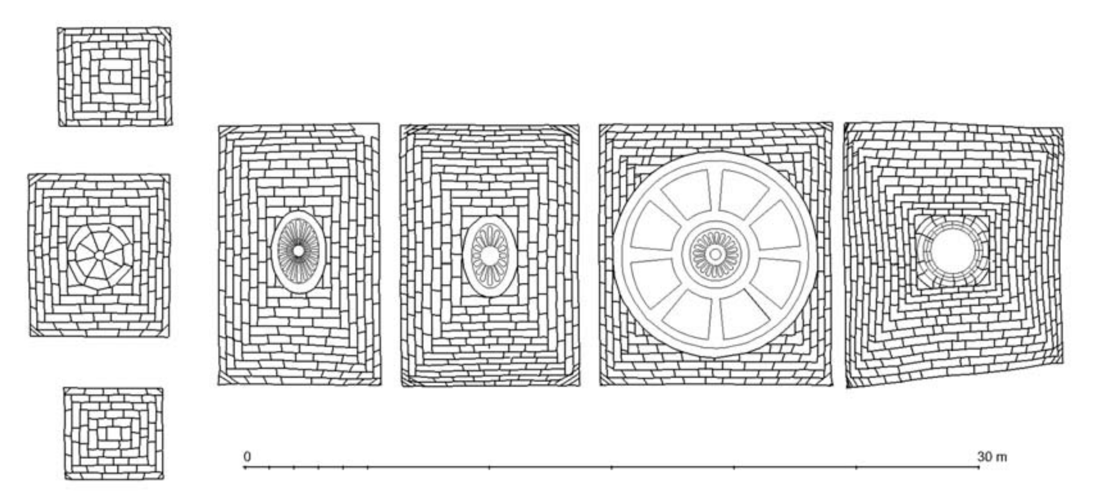


Figura 2
Planta general de bóvedas de la iglesia de Santa María de la Nava de Navamorcuende

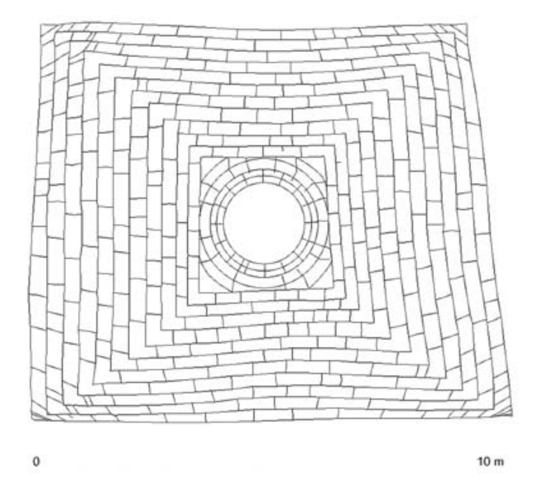


Figura 3
Bóveda de la cabecera de la iglesia de Santa María de la Nava en Navamorcuende

luz del levantamiento, indica que los vértices de la planta no están dispuestos en una circunferencia y los arcos formeros y perpiaño no son secciones de una misma esfera, aun considerando las deformaciones que acusan los perpiaños, típicas de la separación de los apoyos de la bóveda; si atendemos a las secciones meridianas veremos que no son circulares sino mixtilíneas que constan de dos tramos, uno curvo correspondiente a las pechinas y otro casi recto que define el luquete o casquete superior de la bóveda, de manera que los rampantes parecen rectos, inclinados, y el luquete no difiere mucho de un cono de revolución, pero no circular sino ovalado, pues así lo son las secciones de la bóveda por planos horizontales.

En resumen, la bóveda de la cabecera no responde a los principios de una bóveda baída despiezada por hiladas cuadradas, tal como se describe en los tratados de cantería de la época, pero también es cierto que no es este el único aparejo por hiladas verticales que encontramos en esos mismos tratados.

Vandelvira (c. 1580, 57r-60r) emplea el aparejo de hiladas verticales así como dovelas con ramales, no sólo al tratar de bóvedas baídas, sino también en dos escaleras de planta cuadrada a las que les da el título de escaleras adulcidas, una con las zancas abovedadas y que en la otra son superficies alabeadas. Nos fijaremos en la primera, *Escalera adulcida en cercha,* cuyo intradós llama bóveda capialzada y también bóveda adulcida. Este despiezo resulta singular en el texto de Vandelvira pues la regla general de los trazados de bóvedas que contempla es la que consiste en descomponer la superficie en conos y desarrollarlos para obtener las plantillas del intradós y tallar las dovelas con los ángulos entre caras. Pero no es así, y lo que busca y obtiene, o mas bien traza, son las cerchas de las hiladas del intradós de la escalera. Estas cerchas en planta son rectas paralelas a la caja de la escalera, y en las mesas el encuentro entre las hiladas perpendiculares de los tiros da lugar a piezas en ramales. Vandelvira establece una diferencia entre estos dos tipos de piezas basándose en su talla pues unas se obtendrán por robos y los ramales de las mesas por plantillas «porque los rincones no van engauchidos sino a borneo, se labran por plantas, mas salido de los rincones porque van los arcos engauchidos se han de trazar sus piedras por robos» (Vandelvira c. 1580, 58v).

Es decir, las dovelas con ramales de las mesas se pueden labrar empleando plantillas, puesto que los cuatro vértices son coplanarios. Esto no excluye que más adelante el cantero de forma cóncava al intradós de la dovela, como indica un pasaje donde Ginés Martínez de Aranda expone que «dichas plantas por caras se han de plantar teniendo labradas las caras de las piezas a regla y borneo y después se han de afondar las dovelas en las dichas caras» (Martínez de Aranda c. 1600, 105). Es decir, el cantero labraría en primer lugar una cara plana, desalabeando la piedra por medio de reglas y líneas visuales obtenidas guiñando un ojo o *borneando*, para darle después forma cóncava (Calvo 2000: 1-222; 2: 247-248; Rabasa 2000).

Por el contrario, en el resto de las dovelas los cuatro vértices no serán coplanarios, puesto que forman parte de un cuadrilátero alabeado o *engauchido* y por tanto no se pueden labrar empleando plantillas; es necesario recurrir a la labra empleando proyecciones ortogonales de cada dovela en planta y alzado, o *labra por robos*, lo que lleva a Vandelvira a girar los tiros para mostrarlos en verdadera magnitud y en la posición que permita obtener con más facilidad el perfil de la pieza.

Vandelvira al comienzo de su exposición señala la dificultad que tiene explicar ciertas piezas de cantería entre ellas algunas escaleras y para esta, en concreto, empleará dos títulos uno para el trazado de las cerchas de cada hilada y el segundo para la obtención de

las piezas en esquina. La forma de representación también es singular pues incluye una planta y el alzado, o lo que parece que es el alzado y que en realidad es la sección por el plano de las cerchas exentas de cada uno de los tramos sucesivamente yuxtapuestos (Rabasa 2000; Calvo 2009; Carvajal 2011). En estas secciones se ve en alzado las cerchas exentas con sus dovelas representadas por su dimensión mayor, el largo, y en la parte propiamente seccionada las tres hiladas representadas por el ancho de las dovelas. Tanto en alzado como en sección están representadas las juntas entre dovelas o entre hiladas, según el caso, que aparecen inclinadas y normales a sus cerchas indicando como las hiladas tienen los lechos inclinados. Del tratado de Vandelvira se han conservado dos copias, una en la Escuela de Arquitectura de Madrid y otra debida a Felipe Lazaro de Goiti en la Biblioteca Nacional de Madrid, más cuidada y se piensa que estaba a punto para la edición (San Nicolás 1663, 155; Barbé-Coquelin de Lisle 1977); y es en esta copia donde se refleja con más claridad la disposición de las dovelas tanto en alzado como en sección.

No es este el único caso en el que Vandelvira hace mención o se refiere al trazado por cerchas o a las cerchas mismas. Resulta paradójico pero una de ellas es cuando se ocupa de la *Capilla redonda en vuelta redonda* que puede ser tomado como paradigma de los despiezos por desarrollo de conos, del trazado por plantillas, del despiezo por superficies. Y no lo hace en el *Titulo LXXIV: Capilla redonda en vuelta redonda* sino en el capitulo siguiente *Razón y discreción de la capilla redonda en vuelta esférica*. Lo hará, entre otras razones, porque algunos «curiosos» le han preguntado que como siendo diferente la cercha de las plantillas a la de las juntas entre hiladas «pueden acudir en obra sin que hagan mala consonancia» (Vandelvira c. 1580, 61v). Quiere esto decir que en aquel momento las bóvedas esféricas por hiladas redondas también se estaban construyendo a partir de las cerchas de las juntas entre hiladas, por líneas, por aristas, y de aquí la contradicción que para algunos autores existen entre la cercha de las juntas de hiladas que ellos conocían y estaban empleando y las de las plantillas, el procedimiento sin duda novedoso que describe Vandelvira.

Otra ocasión en la que encontramos en el tratado de Vandelvira una referencia similar a la anterior, a las cerchas de las juntas entre hiladas, es cuando explica la traza de la *Capilla cuadrada artesonada,* es decir, la bóveda baída por hiladas cuadrada dividida en compartimentos. Dedica a esta bóveda cuatro láminas, y en la tercera por «si se quiere saber las cerchas que por su montea hacen estas hiladas por sus vivos» obtiene todas las cerchas de las juntas entre hiladas en dimensión real, que siendo de planta cuadrada son iguales en los cuatro lados. Vandelvira se detiene en explicar la obtención de todas las cerchas cuando en casos similares cuando una misma construcción se debe aplicar de forma reiterada habitualmente emplea la fórmula de «por esta entenderás todas las demás». Y es en esta la ocasión en la que Vandelvira se refiere a las hiladas cuadradas como capialzados, «y estas son las cerchas de los capialzos de las hiladas que responden al cuadrado» (Vandelvira c. 1580, 112v).

La traza siguiente en la que explica la *Capilla perlongada artesonada*, la bóveda baída perlongada por hiladas cuadradas, le ocupa también cuatro laminas y en la tercera obtiene de nuevo todas las cerchas de todas las juntas entre hiladas que siendo de planta rectangular difieren según sean paralelas a un lado o a otro.

El procedimiento no tan claro como podría ser, en especial en este último caso, se basa en el giro de los arcos alrededor de ejes verticales hasta situarlos frontalmente que recuerdan a los empleados en los trazados de las bóvedas de crucería, característico de los trazados medievales.

Todo ello nos permite entender que había otro procedimiento para la construcción de una bóveda por hiladas cuadradas diferente al que explica Vandelvira a partir del desarrollo de una superficie cónica y que estaba basado en la definición de las cerchas de las juntas entre hiladas. Según este procedimiento podemos entender las hiladas cuadradas como arcos capialzados, que también conduce a juntas entre dovelas de la misma hilada que convergen en el eje de la bóveda, si dividimos las cerchas en partes iguales.

Las bóvedas de la nave

El primero de los tres tramos de la nave de la Iglesia de Navamorcuende, que por sus dimensiones y posición corresponde al transepto, es de planta sensiblemente rectangular y está cubierto por una bóveda baída que combina hiladas cuadradas y redondas.

Comienza despiezada por hiladas cuadradas, llegando a completar tan solo dos y continúa por hiladas redondas que forman un casquete, que ocupa más de la mitad de la superficie de la bóveda, tratado con ocho resaltos coronado por un florón y rematado por una clave pinjante. No hay transición entre un tipo y otro tipo de hilada y cuadradas se recortan directamente sobre la junta viva de la primera hilada redonda. Los formeros y los perpiaños son de medio punto, aunque estos últimos acusan deformaciones por separación de sus apoyos. Los encuentros entre hiladas cuadradas se resuelven en su gran mayoría mediante aparejo gualdrapeado; es significativo comprobar que se han pintado en muchos casos juntas falsas, que simulan dovelas con ramales, sin duda para igualar el aspecto de esta bóveda a la anterior. Como excepción, en la primera hilada se emplea un sillar cuya junta superior es horizontal, al modo que vimos en la bóveda de la cabecera. Los rincones de los ramales están alineados según las diagonales del rectángulo de la planta y las juntas entre las dovelas de la misma hilada convergen hacia los ejes de los arcos perimetrales, como sucede en los despiezos por conos de eje horizontal.

Las isolíneas de la bóveda son circulares, así como las secciones meridianas, de modo que parece correcto considerar que su intradós es una superficie



Figura 5
Dovelas de la primera bóveda de la nave de la iglesia de Navamorcuende, con aparejo gualdrapeado y ramales simulados

esférica que tiene por sección máxima horizontal la circunferencia circunscrita a la planta y que los arcos perimetrales son las correspondientes secciones de esta esfera. Puede muy bien tratarse de una bóveda baída despiezada tal como describe Vandelvira cuando trata la capilla perlongada por hiladas cuadradas, sin olvidar que más de la mitad de la bóveda corresponde al rosetón central que esta despiezado por hiladas redondas.

Los dos tramos de los pies de la iglesia son de planta rectangular y aunque no son iguales, el que está sobre el coro es un poco más corto, la forma de abovedamiento es la misma, bóvedas baídas despiezadas por hiladas cuadradas, trazadas de tal modo que el número de hiladas que siguen la orientación de los perpiaños se aproxima al doble de las hiladas paralelas a los formeros, y de esta forma se consigue que el ancho de las hiladas en una dirección y otra sea similar, a pesar de la diferencia de longitudes entre los lados de la planta. Los formeros y perpiaños son de medio punto y el encuentro entre hiladas se resuelve por gualdrapeado, de tal forma que dos hiladas paralelas a los formeros entestan contra una de las que siguen la dirección de los perpiaños; de esta manera, la línea que une las esquinas de las dovelas se sitúa sobre las diagonales de la imposta. De nue-

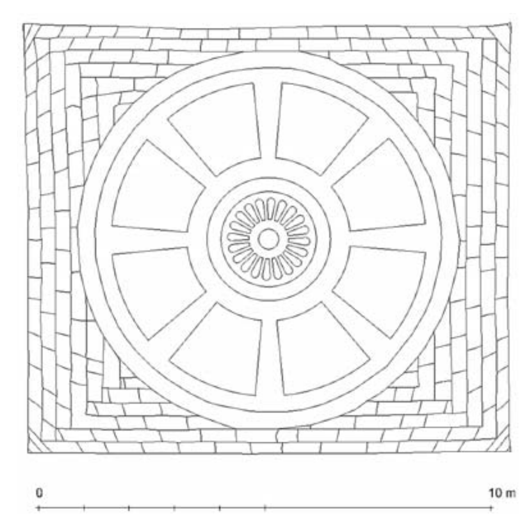


Figura 4
Primera bóveda de la nave de la iglesia de Santa María de la Nava de Navamorcuende

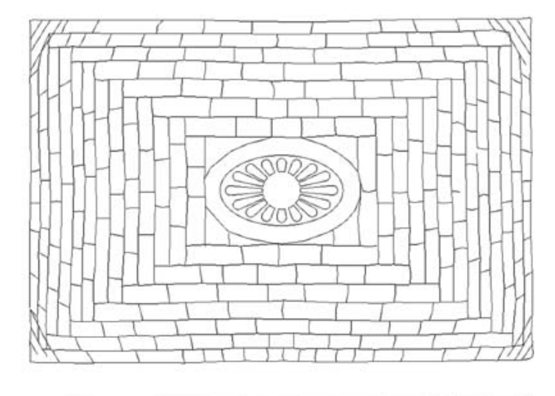
vo, las primeras hiladas se encuentran sobre un sillar cuya junta superior es horizontal, quizá porque el lecho también lo sea al modo de los jarjamentos. Las juntas entre las dovelas de la misma hilada convergen aproximadamente en abanico hacia los ejes de la planta. Ambas bóvedas están coronadas por un medallón elíptico, despiezado de forma radial, en cuyo perímetro curvo se recortan las hiladas cuadradas. Así pues en la parte más alta de la bóveda se prescinde del despiece por hiladas verticales quizás debido a que de acuerdo con el método de los conos de eje horizontal serían estas hiladas más altas las que tendrían el vértice más alejado y en consecuencia más difícil de definir sus cerchas, y suprimiéndolas se evita el problema.

Si atendemos a las secciones meridianas veremos, al hacerlas coincidir por giro, que en su conjunto describen media circunferencia que se ajusta a la que definen los cuatro vértices del rectángulo de la planta. Por todo ello podemos pensar que estamos ante dos bóvedas baídas, esféricas, cuyo despiece por hiladas cuadradas puede haber sido obtenido mediante el método de desarrollo de los conos de eje horizontal que hemos visto expuesto en el manuscrito de Vandelvira (c. 1580, 83v; ver también Guardia c. 1600) si bien no el caso de número doble de hiladas ni encuentros gualdrapeados.

Un arco capialzado cubre un vano con una cabeza más alta que la otra, su intradós es la superficie tendida entre dos arcos que no siendo iguales uno es más alto que el otro. Planteadas las hiladas cuadradas de esta manera serían el arco capialzado tendido entre dos juntas de hiladas consecutivas. El despiezo del arco capialzado lo podemos encontrar en los tratados de cantería de la época. Vandelvira emplea en cuatro ocasiones el término «arco capialzado» pero no lo explica; por el contrario, Ginés Martínez de Aranda trata entre otros el *Arco capialzado* como caso general, ofreciendo soluciones por plantillas y mediante labra por robos, y el *Arco capialzado hacia la menor subida*, un antecedente del capialzado de Marsella con las jambas paralelas, que también resuelve por dos métodos diferentes, mediante plantillas y empleando proyecciones ortogonales. Se puede apreciar la dificultad que entraña un procedimiento y otro a la vista de los errores que comete Martínez de Aranda a la hora de construir las plantillas; si bien este método ahorra una cantidad importante de material, el método basado en proyecciones ortogonales es conceptualmente y en la práctica más sencillo (Vandelvira c. 1580, 58v, 61v, 111r; Martínez de Aranda, 40-46, 81-85; Calvo 2000, 2: 207-208).

Se ha señalado, en ocasiones, que un capialzado no queda definido por solo dos directrices y en necesario una condición adicional para establecer la situación de las diversas posiciones de las generatrices; dividir las directrices en parte iguales, dividirlas por un haz de planos o que las generatrices se mantengan paralelas a un plano son diversas maneras de despiezar un capialzado que es posible encontrar en la teoría y en la práctica. En la gran mayoría de los capialzados y arcos capialzados expuestos por Vandelvira y Aranda encontramos juntas convergentes, por lo general resultado de dividir las testas en partes iguales, pero existen algunas excepciones. Lo que hace Martínez de Aranda en los dos primeros *Arcos capialzados* es dividir las directrices que están en planos paralelos por un haz de planos que pasan por un eje perpendicular al plano de los arcos. Esto hace que las juntas en planta sean convergentes, pero obtendríamos un resultado similar dividiendo las directrices en partes iguales. Por el contrario, el *Capialzado hacia la menor subida* de Ginés Martínez de Aranda tiene las jambas paralelas, como hemos visto y, naturalmente, las juntas de lecho se disponen en planos verticales paralelos a las impostas. Alonso de Guardia (c. 1600) va más lejos, pues presenta en la misma página dos capialzados con jambas convergentes; en uno de ellos las juntas de lecho son también convergentes, pero en otro las juntas se disponen en planos verticales perpendiculares a las testas. Esta última solución se puede encontrar en la práctica en algunas raras ocasiones.

Volviendo a las dos bóvedas de los pies de la nave, se puede apreciar convergencia de juntas entre dovelas de la misma hilada en las primeras hiladas pero no en las más altas. Ahora bien también debemos de pensar que cuanto más próximas son las longitudes de los arcos entre los que se tiende la superficie la convergencia es menor, y es lo que sucede en los arcos de las juntas según ascienden. Cuando dividimos las directrices por un haz de planos que pasan por un eje perpendicular al plano de los arcos los lechos serían planos convergentes en el eje, pero también podría estar resuelto dividiendo las directrices por planos verticales perpendiculares a las testas; como hemos visto, existe un esquema en los apuntes de Alonso de Guardia que emplea este método (c.



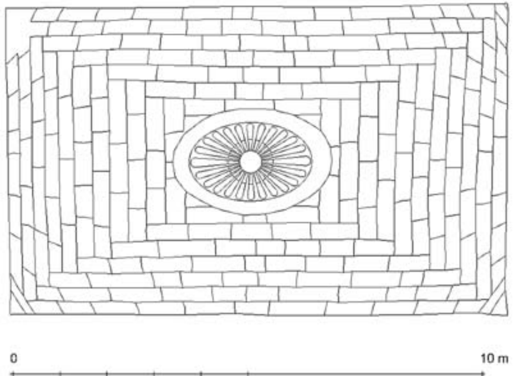


Figura 6
Bóvedas de los pies de la nave de la iglesia de Santa María de la Nava de Navamorcuende

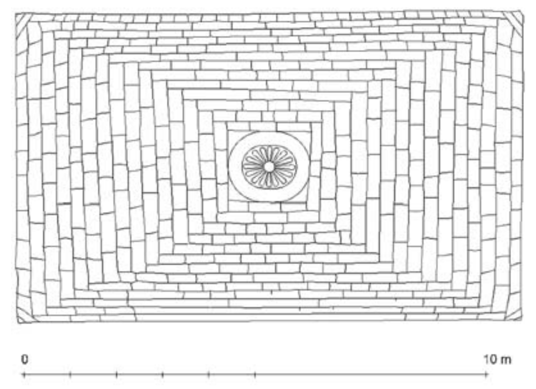


Figura 7
Bóveda del coro de la iglesia de Santa María de la Nave de Navamorcuende

1600). Planteadas las hiladas cuadradas de esta manera, como arcos capialzados, no existiría una pieza de esquina ni una pieza en ramales, sería simplemente el salmer del arco capialzado.

La bóveda del coro

La tribuna del coro fue lo último que se edificó, una vez cerrada la iglesia y construida la torre. La obra fue contratada en 1702 a Mateo Díaz Burgalés y Francisco Bolaño, y una vez levantada aparecieron grietas y en la intervención que entonces se realizo se le añadieron las dos trompas existentes en los extremos frontales, quedando concluida la tribuna en junio de 1705. Probablemente los esfuerzos horizontales de la bóveda sobre el arco que se abre a la nave fueron la causa de las grietas y las trompas se añadieron para transmitirlos a los muros laterales (Gutiérrez Pulido 2009).

Se trata de una bóveda rebajada de planta rectangular que tiene por embocaduras arcos oblongos, carpaneles o elípticos, y está despiezada por hiladas cuadradas y coronada por un tarjetón rectangular decorado con un falso óvalo que recuerda a los rosetones que encontramos en las bóvedas analizadas pero en este caso despiezado por juntas paralelas a los lados, no radiales; se ha podido medir el grosor de la tribuna en este punto y es de 35 cm.

El ancho de las hiladas es diferente en cada dirección y los encuentros se resuelven mediante aparejo gualdrapeado de una hilada contra otra salvo en los riñones de la bóveda, en esta zona en cada hilada paralela a los perpiaños apoyan dos que siguen la dirección de los formeros. Por tanto los rincones describen un línea quebrada que en sus tramos extremos es paralela a las diagonales de la planta; y como en las bóvedas anteriores el encuentro de la primera hilada en cada dirección se produce sobre un sillar cuya junta superior es horizontal.

Como ya se ha señalado la primera tribuna que se edificó hubo que rehacerla. Si analizamos la forma de la bóveda a partir de los puntos medidos con estación podemos comprobar que el triangulo de hiladas correspondientes al arco que da a la nave central presenta apreciables deformaciones y el resto no, lo que nos hace pensar que fue en esta zona en la que hubie-

ron de intervenir, lo que explica que este arco tenga ligeramente más flecha que el opuesto, el de la entrada. En el resto de la bóveda no encontramos anomalías notables y podemos reconocer que las secciones meridianas por los planos de las diagonales no son arcos rebajados ni arcos apuntados son medios arcos oblongos, elipses u óvalos, cuyas tangentes en los arranques son verticales y cuyos semiejes se puede estimar que mide uno el doble que el otro.

Surge entonces las cuestión de si los arcos perimetrales y los diagonales son secciones planas de un elipsoide y se comprueba que se ajustan, con suficiente aproximación, a las de un elipsoide escaleno de ejes 6,4, 10,3 y 14,0 m., equivalentes a 23, 37 y 50,25 pies castellanos, considerando un pie castellano de 0,279 m. La pregunta, ahora, es si la bóveda de la tribuna del coro es una bóveda baída elipsoidal, esto es si los puntos de la bóveda están sobre aquel elipsoide, y para responder a esta cuestión seccionamos el elipsoide por planos perpendiculares a sus ejes horizontales, y comprobamos que las elipses resultantes se ajustan razonablemente, con errores inferiores a 5 cm, a las juntas de las hiladas cuadradas de la bóveda.

Podría tratarse por tanto de una bóveda elipsoidal despiezada por hiladas cuadradas, pues si bien los arcos perimetrales cortos no se adaptan perfectamente a una elipse, al no ser estrictamente simétricos quizá debido a alguna deformación, el arco que da a la nave no es igual que el de los pies, tiene un poco mas de flecha quizá porque se rehízo o reforzó, la bóveda presenta deformaciones en el casco que se abre a la nave detectándose una cierta elevación de los puntos próximos al arco que tiene más flecha y hay una zona hundida en la parte alta de este casco, a pesar de todo ello, en su conjunto, la bóveda de la tribuna del coro se ajusta a una bóveda elipsoidal, con ciertas deformaciones y errores o problemas constructivos o de replanteo, aunque también pudiera tratarse de una bóveda generada a partir de tres arcos carpaneles.

Enrique Rabasa (2000; ver también Huerta 2007, que adopta un punto de vista diferente) explicó ya claramente que la estereotomía de la bóveda elipsoidal por hiladas horizontales, aunque pueda parecer una simple elongación de una media naranja es un ejercicio complejo y dificultoso. En una media naranja las dovelas de una misma hilada son iguales, con la misma altura y los lechos son conos de revolución que siempre encuentran ortogonalmente a las esfera; en cambio en el elipsoide despiezado por hiladas horizontales resultaran de espesor continuamente variable y en consecuencia tendrían todas las piezas diferentes, si no fuera por las simetrías, y los lechos serían conos elípticos y en consecuencia la inclinación de sus generatrices seria también variable.

Si las ventajas que ofrece el aparejo de una bóveda esférica por hiladas redondas se extiende al despiece por hiladas cuadradas, de la misma manera las dificultades que se producen en la bóveda oval de hiladas horizontales se repetirán cuando esta pieza se divide por hiladas cuadradas.

Quizá por ello se han llegado a plantear diferentes opciones para la estereotomía de la bóveda elipsoidal pero ninguna de ellas resulta completamente satisfactoria, lo que nos induce a pensar si en nuestro caso se pudo seguir un procedimiento distinto al que se basa en el desarrollo de los conos.

En el tratado de Vandelvira (c. 1580, 112v; ver también Senent 2011), casi al final, en el titulo 140, se explica el despiece de una capilla, o lo que es lo mismo de una bóveda, ya que en siglo XVI capilla tiene el significado de bóveda, cuya planta es un rombo formado por dos triángulos equiláteros, denominada *Rombo igual*. Pero antes se refiere a la figura de las plantas, y diferencia entre regulares e irregulares siendo las primeras aquellas en las que se puede trazar un circunferencia por sus vértices e irregulares en las que no. Dice haberse ocupado bastante de las regulares y que tratara ahora de las irregulares, «alguna cosa». De forma análogo diferencia entre capilla, o bóveda de acuerdo con el significado de la épocas, regular e irregular según se cierre en esfera o no. Señala además que cuando una capilla no se puede cerrar en esfera es necesario buscarle cerchas, cortes por planos, de tal manera adulcidas que imiten todo lo que fuera posible a la vuelta de horno. Adulcir es construir una curva que pasa por una serie de puntos asimilándola a uno o varios arcos de circunferencia, trazados uniendo los puntos de tres en tres mediante el compas, a mano o incluso ayudándose de un listón o una regla flexible. Así pues cuando una bóveda irregular no es esférica, se debe considerar formada por curvas compuestas por arcos, preferentemente circulares.

Y esto es lo que hace en la última bóveda que explica, en el Titulo 141, *Rombo desigual*, que tiene por planta un romboide, cuyo aparejo es por hiladas cuadradas. El procedimiento que propone consiste en

trazar primero los arcos perimetrales, el menor de medio punto y el mayor elíptico con la misma flecha, a continuación los rampantes y finalmente los cruceros sin indicar en ningún caso como define la altura de la clave de la bóveda. El sistema de dibujo que emplea es la planta y en la parte superior traza las curvas reales de los arcos a partir los datos de la planta; tenemos de nuevo un conjunto de arcos en su magnitud real, trazados a partir del giro alrededor de ejes verticales, que no conservan su posición relativa y que recuerdan a los trazados medievales. Emplea dos proyecciones verticales en la misma lámina, una para los arcos y otra para las cerchas de las hiladas, y es una de las pocas láminas en la que no le basta con un dibujo y recurre a dos.

En el dibujo de Vandelvira vemos que el arco perimetral de mayor flecha y los dos cruceros son rigurosas elipses trazadas por el método de los ejes. Las tres tienen el mismo centro, aun cuando no es esa su posición relativa pero esto le permite simplificar el dibujo al aprovechar ciertas construcciones gráficas comunes a las tres. Para dibujarlas divide la media circunferencia de diámetro el eje mayor de cada una en doce partes iguales de 15º cada una, empleando la misma radiación para las tres, y obtiene trece puntos de las elipses que traza adulciéndola por estos puntos. Vandelvira en otra ocasión se refiere a que se sacaran adulciéndolas de tres en tres puntos. Llama la atención comprobar que Vandelvira realiza muchos tanteos y al final traza la curva con tres arcos de manera similar a un óvalo.

En cualquier caso divide, en planta, la bóveda en seis hiladas paralelas a los lados que cortan a los rampantes y cruceros en tres puntos que subidos a los arcos en verdadera magnitud le permitirán dibujar las cerchas de la hiladas adulciéndolas de los tres puntos, «sabidas sus cerchas de los arcos rampantes y cruceros resta sacar por ellas las cerchas de las hiladas, las cuales se sacan teniendo cuenta en qué altura se hallan estas líneas cuando hieren en el arco y crucero y rampante y tomando sus desvíos y alturas se sacarán adulciéndolas de tres en tres puntos» (Vandelvira c. 1580, 125v).

Con estos datos indica que es fácil obtener las plantillas del intradós de las dovelas por el método del desarrollo de los conos definidos por las juntas de dos hiladas consecutivas para labrarlas a borneo, esto es por el método directo a partir de las plantillas. Pero los conos a los que se refiere no son de revolución y por tanto fácilmente desarrollables y los que traza no son los que propone en el texto. La exposición de Vandelvira es equívoca en relación a la obtención de la plantillas del intradós de las dovelas, pero en cambio es bastante precisa en lo que se refiere al trazado de las cerchas de las hiladas, que es la base del método de los robos entendiendo las hiladas como arcos capialzados

Los principios del aparejo que describe Vandelvira en este título, con todo su alcance y sus limitaciones, los aplica a una planta en romboide pero se podría generalizar sin ningún inconveniente y emplearlos para una bóveda baída de planta rectangular con arcos perimetrales elíptico, u ovales, con diferente flecha, y bastaría con establecer la altura de la clave y trazar los cruceros y los rampantes para dibujar las hiladas en planta y trazar en la proyección vertical sus cerchas. Se tendrían todos los datos para tallar las hiladas cuadradas que conforman la bóveda entendidas como arcos capialzados.

La bóveda de la tribuna de la iglesia de Navamorcuende encuentra de esta manera una forma razonable de ser construida, una hipótesis sobre su construcción acorde con los procedimientos de la época, lo mismo que la bóveda de la cabecera. El procedimiento de talla no sería el directo sino por líneas, al modo medieval. El resultado no sería una superficie elipsoidal ni una superficie esférica pues los arcos adulcidos no son ni lo uno ni lo otro pero se aproximan en cualquier caso. Los principios del procedimiento que ha descrito Vandelvira explican la versatilidad del despiece por hiladas cuadradas que encontramos sancionada por la práctica constructiva de las bóvedas baídas por hiladas cuadradas que nos han llegado.

Nota

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación «Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico. Análisis de ejemplos construidos» (BIA2009-14350) del Plan Nacional de I+D+i, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Se han modernizado las transcripciones de los manuscritos de Alonso de Vandelvira y de Ginés Martínez de Aranda con objeto de facilitar su lectura.

Lista de referencias

Barbé-Coquelin de Lisle, Geneviève. 1977.«Introducción». En *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*, 1-37. Albacete: Caja de Ahorros Provincial.

Calvo López, José. 2000. *«Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

Calvo López, José. 2009. «La literatura de la cantería. Una visión sintética». En *El arte de la piedra*, 99-154. Madrid: CEU Ediciones.

Carvajal, Rocío. 2011. «Stairs in the Architecture Notebook of Juan de Portor y Castro: An Insight into Ruled Surfaces». *Nexus Network Journal*, 13, en prensa.

Choisy, Auguste. 1883. *L'art de bâtir chez les bizantins*. Paris: Librairie de la Societé Anonyme de Publications Périodiques.

Guardia, Alonso de. 1600 c. «Manuscrito de arquitectura y cantería». Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...,* Libro II, Venecia, 1566. ER/4196. Biblioteca Nacional, Madrid.

Gutiérrez Pulido, David. 2009. *Pedro de Tolosa, maestro de cantería del siglo XVI, en la Sierra de San Vicente (Toledo)*. Talavera de la Reina: Ayuntamiento de Talavera de la Reina.

Huerta Fernández, Santiago. 2007. Oval Domes: History, Geometry and Mechanics. *Nexus Network Journal*. 9: 211-248.

Marías, Fernando. 1983-86. *La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631)*. Toledo: Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos.

Martínez de Aranda, Ginés. 1600 c. «Cerramientos y trazas de montea». Madrid, Biblioteca del Servicio Histórico del Ejército.

Portor y Castro, Juan de. 1708. «Cuaderno de arquitectura». Madrid, Biblioteca Nacional de España, Ms. 9114 .

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Rodríguez Robledo, Piedad. 1994. *Pedro de Tolosa, primer aparejador de cantería de El Escorial*. Madrid: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.

San Nicolás, Fray Laurencio de. 1639. *Arte y uso de Arquitectura*. S. l., Imprenta de Juan Sánchez.

Senent Domínguez, Rosa. 2011. «Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira. Estrategias góticas en cantería renacentista». En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* en prensa.

Vandelvira, Alonso de. 1585 c. *Libro de trazas de cortes de piedras*. Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Existe una copia parcial, por Felipe Lázaro de Goiti. Madrid, Biblioteca Nacional de España, Ms. 12719.

Canteros castellanos en Indias a mediados del siglo XVI: Juan Ruiz de Mutio, un «muy buen oficial»

Begoña Alonso Ruiz

A través de fondos del Archivo General de Indias (Sevilla, España) documentamos las fases de la tramitación del «pase a Indias» gracias al ejemplo concreto de Juan Ruiz de Mutio, oficial de cantería natural de Aulestia en el Señorío de Vizcaya que con veintiocho años pide licencia para viajar y trabajar de su oficio en las provincias del Perú en 1553. Su análisis nos proporciona información sobre el proceso para conseguir la licencia y a la vez nos permite adentrarnos en el entramado familiar canteril a través de una de las familias más activas en las obras de cantería de importantes templos parroquiales de La Rioja y Burgos en el segundo cuarto del siglo XVI. Por último, las posibilidades de rastrear esta arquitectura gótica en las tierras del Perú a finales de los años 50 abren posibilidades de interpretación sobre la llegada de modelos arquitectónicos y su uso inercial en las tierras americanas.

El oficial Juan Ruiz de Mutio

Juan Ruiz de mutio vezino de auleztia ques en el señorio de bizcaya digo que yo soy honbre soltero y por casar y moço de veynte y ocho o veynte y nueve años soy cantero y muy buen ofiçial pa(ra) hazer cualquier iglesia o monasterio e otra cualquier obra de canteria soy honbre hijodalgo de lo qual todo si es neçesario me ofrezco a dar información queria pasar a las provincias del peru a seruir halli a su majestad en lo que se ofreçiese pido y suplico a vuestra alteza atento todo lo suso dicho me mande dar licencia y facultad pa(ra) que yo pueda pasar halla yo y un par de criados ofiçiales Ansy mesmo y por casar que son buenos oficiales que seruiran a su majestad como yo y sera gran provecho ala republica y pa(ra) ello Vuestra alteza mande dar las provisiones neçesarias pa(ra) lo qual todo que es lo necesario vuestro real ofiçio ymploro y pareció al Fdo.: Licenciado Villamayor.[1]

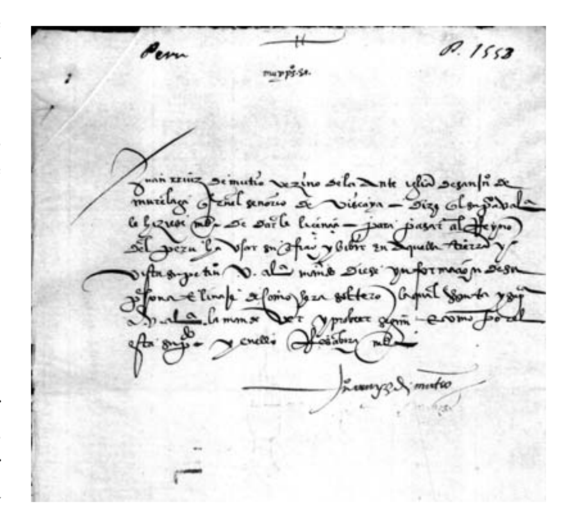


Figura1
Detalle del folio 3 del expediente de petición de licencia de pase a Indias de Juan Ruiz de Mutio, con la firma del cantero (1553)

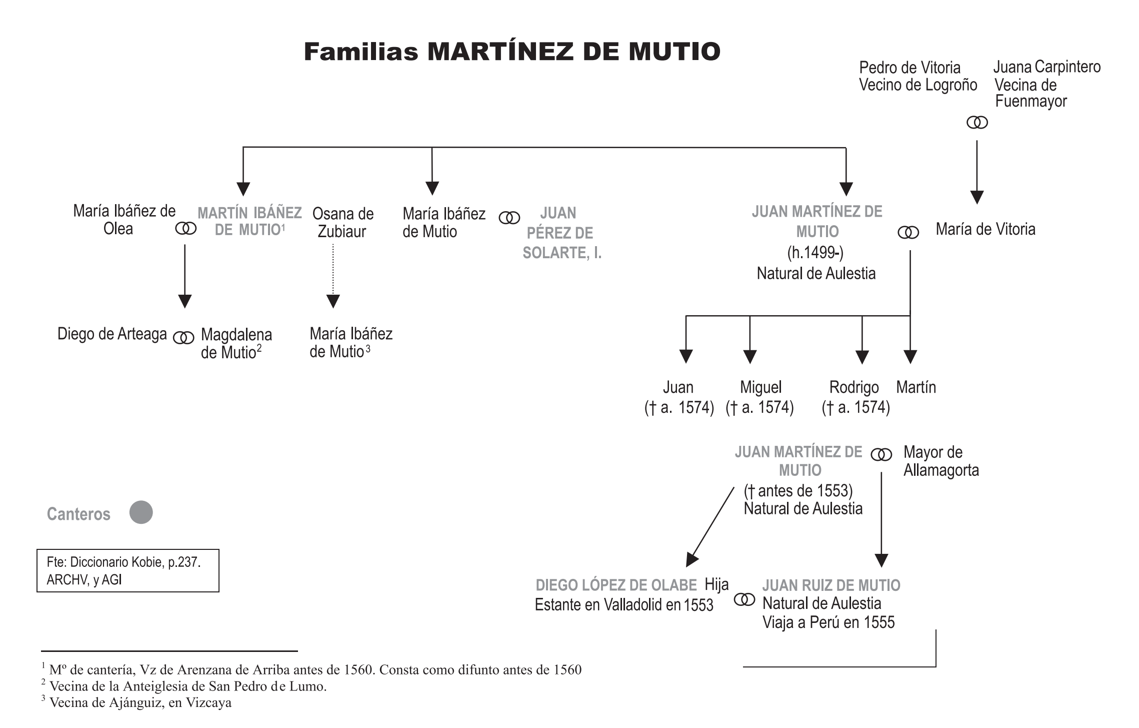


Figura 2
Cuadro Genealógico de las familias Mutio, de Aulestia (Vizcaya)

Así comienza el proceso legal de 1553 que permitirá a Juan Ruiz de Mutio viajar a las provincias de Perú a ejercer su oficio de cantero dos años más tarde.[2] Se declara vecino de Aulestia y más adelante concretará que lo es de la anteiglesia de San Juan de Murélaga en dicha localidad.[3] Este último dato unido al de que en el proceso consta que su padre es un Juan Martínez de Mutio ha inducido a error a quienes lo identificaron con uno de los hijos del conocido maestro de cantería homónimo, natural de la misma localidad. El Juan Ruiz que nos ocupa había nacido hacia 1525 del matrimonio de un Juan Martínez de Mutio (del que no consta profesión) con una vecina también de Murélaga, Mayor de Allamagorta, pero su padre consta como difunto cuando el oficial tramita su pase a las Indias, mientras que el otro maestro Mutio continúa trabajando activamente en La Rioja y Burgos, al menos hasta 1555 y en 1574 Juan Ruiz no consta entre los herederos de Mutio (Moya 1980, 2: 175).

Pero pese a que no se pueda establecer una relación paterno-filial entre ambos personajes, resulta indudable que una relación de vecindad y de profesión unió a ambos y no es descabellado pensar que cuando en el proceso de Juan Ruiz de Mutio se afirma que es oficial de cantería y que ha trabajado en numerosas obras durante —al menos— 12 años, estas obras sean algunas de las contratadas por los Martínez de Mutio. Dos razones avalan esta hipótesis; por un lado, el sistema habitual de trabajo entre las cuadrillas canteriles del norte en las que primaban la familia y la vecindad como los vínculos que articulaban las cuadrillas de trabajo, y, segundo, el hecho de que Ruiz de Mutio aluda en su solicitud de pase a Indias a su experiencia en obras de cantería de monasterios e iglesias.[4]

Las obras de cantería de los Mutio

Los Martínez de Mutio pertenecen a un nutrido grupo de cuadrillas de cantería que en el segundo cuarto del siglo XVI —uno de los momentos de mayor auge constructivo— trabajan activamente por Castilla en obras de arquitectura religiosa. Las de procedencia

vasca (como los Mutio, Pérez de Solarte o Martínez de Goicoa), se trasladan al oficio por tierras del obispado de Osma-Soria y Calahorra-La Calzada en La Rioja. Su arquitectura se caracteriza por el triunfo de la tipología de iglesias salón, aquella en que las naves —generalmente tres— se cubren con bóvedas a la misma altura, rompiendo el tradicional planteamiento basilical. El modelo salón en estos años se ha consolidado entre estos círculos canteriles gracias a la seguridad y estabilidad constructiva de su planteamiento y a la economía de medios que supone para las fábricas.[5] Los arranques de las bóvedas se producen a la misma altura, con lo que se simplifica ampliamente el problema de los jarjamentos y se da uniformidad a los soportes, que generalmente serán columnarios. Se evita además el problema de los contrafuertes, resultando el templo seguro y equilibrado, con entrada de luz en las laterales. La estructura resultante a nivel de alzados y planimetría es unitaria; en el exterior destaca la horizontalidad y los volúmenes desornamentados, sin escalonamientos y elementos salientes, distinto al sentido del gótico tradicional ya que aquí se aplica un módulo «ad quadratum», frente al básico «ad triangulum» del gótico. Por todo ello, las iglesias salón no tienen transepto marcado en planta ni cimborrio. (Alonso Ruiz 2003, 107 y ss).

Así serán las intervenciones de los Mutio en parroquiales como la de Briones, Arenzana de Abajo, San Millán de la Cogolla de Yuso, Fuenmayor o la concatedral de Soria, en algunos casos ya iniciadas por otros maestros pero cerradas por esta cuadrilla con un característico diseño de bóveda de crucería con nervios curvos. En portadas y vanos se recurre al empleo de columnas y órdenes clásicos que se transmiten de maestro en maestro a través del sistema de aprendizaje del oficio. Así son obras como las parroquiales de Azofra, Pedroso, Huércanos, o Santa Coloma (La Rioja), Nuestra Señora de Gracia en Soria, las bóvedas de la iglesia de San Millán de la Cogolla de Suso o el claustro alto del monasterio de Santa María la Real de Nájera.

«La más hermosa y amplia de las iglesias de salón en la Rioja» (Moya Valgañón 1983) se debe a la maestría de Martínez de Mutio: la iglesia de Briones, que iniciada tiempo atrás un desconocido maestro y continuada por Miguel de Ezquioga, era contratada en 1546 por Mutio, entonces vecino de Fuenmayor. Cuando en 1551 contrata la concatedral de Soria, ya se declara vecino de Briones. A Juan Martínez de Mutio y sus herederos se deben los dos últimos tramos de esta iglesia salón de Nuestra Señora de La Asunción, la escalera y la portada, así como la tercera capilla del lado del Evangelio (con escalera de tipo claustral y decoración de querubines en las pilastras). A Juan Pérez de Solarte, casado con una Mutio, se le adjudica la segunda capilla del segundo tramo de la Epístola, realizada hacia 1568. En 1565 la obra de los Mutio fue tasada en 2.824.799 maravedíes,[6] cantidad que corrobora la importancia de los trabajos realizados y que nos hace pensar en una vida «desahogada» para la familia. Prueba de ello es el hecho de que en 1553 unos vecinos demandan a Juan Martínez de Mutio, que consta como dueño «e poseedor de la casa e torre e molinos de ybacax situados en la dicha anteyglesia» de Murelaga.[7] Su hermano Martín Ibá-



Figura 3
Escalera del coro de la Iglesia parroquial de Santa María de Briones (La Rioja) (Ramírez Martínez 1995)

ñez de Mutio, también maestro de cantería, poseía también una cuantiosa hacienda; consta que en 1560 la herencia de éste era disputada entre sus dos herederas y en la documentación del pleito se hace referencia a «la casa e torre e molinos e herreria de zubiaur con los dichos montes e mançanales e heredades de pan sembrar a la dicha casa e torre».[8]

De los trabajos que pudo realizar Juan Ruiz de Mutio y de los bienes que pudo conseguir, no consta dato alguno. Por las informaciones de los testigos en el proceso de Valladolid, se sabe que Ruiz de Mutio llevaba al menos 12 años trabajando en la cantería con muchas obras a su cargo que no se especifican, y se dice también que había heredado la parte que le correspondía de la hacienda de su padre difunto de la que tampoco se especifica su cuantía. Así pues, en 1553 era un hombre soltero con bienes heredados y probada experiencia en un oficio «útil» en América; estos factores unidos a los esgrimidos tradicionalmente como las causas que se encuentran detrás de la emigración atlántica en la Edad Moderna, justifican la decisión de viajar del joven Mutio.[9]

La regulación del viaje a Indias

En 1503 se fundaba en Sevilla la Casa de Contratación para regular y controlar la actividad comercial con las nuevas tierras descubiertas por Castilla, convirtiéndose en el organismo a través del cual se canaliza la tramitación de contratos, licencias de pasaje, permisos de mercadurías, apresto de flotas, etc. El «pase a Indias» queda regulado desde ese momento, impidiendo la emigración ilegal y controlando (o favoreciendo) a través de la concesión de licencias el viaje de determinados grupos sociales necesarios en la política colonizadora de la Corona. Así, por ejemplo, fue facilitado el viaje de burócratas para la nueva administración colonial, religiosos para el proceso evangelizador y militares para la conservación y defensa del nuevo imperio colonial (Martínez Shaw 1994, 73). Para este último objetivo, era necesaria también la emigración de profesionales de la construcción, presentes ya desde los primeros asentamientos castellanos en las nuevas tierras en la fundación de las primeras ciudades americanas —Santo Domingo en 1498— planificadas como instrumentos de colonización, como avance de frontera, que necesitan de toda una organización jurídica, administrativa y también —cómo no— arquitectónica (Alonso Ruiz 2007). Mutio aludirá en su solicitud a esta circunstancia al hablar de «servir a su majestad en lo que se ofreciese» y que sus criados «serviran a su majestad como yo y seran gran provecho a la republica».[10]

Entre las 20 ordenanzas fundacionales de la Casa de Contratación en 1503 se recogen las primeras directrices sobre la emigración americana, luego ampliadas con sucesivas ordenanzas como las de 1510 y 1511.[11] Las ordenanzas aprobadas en Monzón en 1510 regulan en su capítulo 20 el asunto de «aprobar y licenciar pasajeros a Indias». A lo largo del siglo XVI, a medida que surgen los conflictos, la legislación irá haciendo frente a ellos con nuevas ordenanzas que serán recopiladas en 1680, dando lugar a la obra conocida como *Recopilación e Leyes de los Reynos de las Indias*. En el Título 26 de su Libro IX se recogen la normativa sobre emigración de la que

RECOPILACION
DE LAS LEYES
DE LAS INDIAS.
CONTINVACION DEL LIBRO IX.
DESDE EL TITVLO XXVI.

TITVLO XXVI.

DE LOS PASSAGEROS, Y LICENCIAS PARA IR A LAS Indias, y bolver á eſtos Reynos.

¶ Ley primera. Que ningun natural, ni eſtrangero paſſe à las Indias ſin licencia del Rey, ò de la Caſa de Sevilla, en los caſos que la pudiere dar.

El Emperador D. Carlos y el Principe G. Ord. 115 de la Caſa. D. Felipe Segundo en Toledo à 11 de Setiembre de 1560 D. Felipe Tercero en Valladolid à 5 de Noviembre de 1604 D. Carlos Segundo en eſta Recopilació



Eclaramos, Y mãdamos, que no puedan paſſar á las Indias, ni á ſus Islas adjacentes, ningunos naturales, ni eſtrangeros, de qualquier eſtado, y condicion que ſean, ſin expreſſa licencia nueſtra, ſi no fuere en los caſos en que la pueden dar el Preſidente, y Iuezes de la Caſa de Contratació: y ſi algunos de los ſuſodichos paſſaren ſin eſta calidad, por el miſmo hecho hayan perdido, y pierdan los bienes que allá adquirieren para nueſtra Camara, y Fiſco, menos la quinta parte, que aplicamos al Denunciador. Y ordenamos, que ſean luego echados de nueſtras Indias: y aſsimiſmo mandamos, que ſi los dichos naturales, ó eſtrangeros traxeren algun oro, plata, perlas, piedras, ó otros bienes á la Caſa de Contratacion de Sevilla, ó á otras partes, ó los enviaren, ó traxeren por bienes de difuntos de los dichos naturales, ó eſtrangeros, que huvieren paſſado ſin licencia, no ſe les entreguen, ni dén, ni á los q̃ los traxeren, ni enviaren, ni á las perſonas á quien vienen conſignados, ni á ſus herederos, ni á nadie, que pretenda pertenecerle, por ſer bienes, y hazienda de los ſuſodichos, ni ſean oídos ſobre ello: y el oro, plata, perlas, piedras, y otras coſas, ſe tomen para Nos, donde quiera que fueren hallados en eſtos Reynos como coſas aplicadas á nueſtra Camara, y Fiſco, dando

Veaſe la ſiguiente.

A de

Figura 4
Comienzo del Título 26 del Libro IX de la *Recopilación de Leyes de los Reinos de las Indias*

destacamos las leyes concernientes a la necesidad de que en la petición de permisos conste la naturaleza y vecindades del solicitante, así como si es soltero o casado, no convertido de moro o judío ni nieto de quemado, para garantizar la pureza de la fe en el Nuevo Mundo (Serrera 2011, 144). La Ley 43 establece además la obligación de servir al oficio que se indica en la petición, so pena de destierro, ya que desde el comienzo de la emigración castellana se había observado la tendencia de los «oficiales de mano» a querer disfrutar de repartimiento y abandonar con ello su oficio (Arranz Márquez 1983, 71).

Así, Juan Ruiz de Mutio firmaba su petición de licencia en Valladolid en noviembre de 1553 ante el doctor Ortiz, del Consejo de Su Magestad. Como hemos visto se declara soltero, hidalgo, de edad de 28 años, y buen oficial de cantería, perfil que encaja en el modelo social del emigrante a Indias establecido por Boyd-Bowman en sus estadísticas para el periodo quinientista: hidalgos, segundones y artesanos entre 16 y 25 años, con la peculiaridad de que en el caso vasco —y norteño en general— la hidalguía se conjugaba con el trabajo manual (Alonso Ruiz, 2009).

A partir de esa petición, la maquinaria de la administración real se pone en marcha. El procurador de Mutio hace presentación de un interrogatorio con cuestiones para los testigos presentados por el interesado; son preguntas que se pueden ver aplicadas en la mayoría de los interrogatorios en este tipo de causas ya que se trata de dejar constancia de que el sujeto procede de un matrimonio legal a fin de comprobar que se trata de un hijo legítimo de un matrimonio de «cristianos viejos» y que «no avido ny ay raça de judio ni quemado ni rreconcillado por la sancta ynquisycion» en su familia (fol.5, pregunta 3). La pregunta más interesante al objeto de este trabajo es la cuarta, la que se debe interrogar a los testigos sobre si saben que es oficial de cantería y que en el momento presente ejerce como tal. Otras preguntas atienden a aclarar la condición de hombre temeroso de Dios, de buena conciencia, pacífico y, en resumidas cuentas, persona no-conflictiva. Se hacía así referencia en las preguntas tanto a cuestiones religiosas como éticas y profesionales, a fin de validar las costumbres, la solidez cristiana y el peso profesional (Solano 1983, 41).

Estas garantías se consiguen a través de la presentación de testigos para que sean interrogados ante escribanos reales después de otorgar juramento. Los testigos de Juan Ruiz son: Miguel López de Olave, Ochoa Ruiz de Goycochoa, Pedro de Zarra y Juan de Mendiarrechaga, Domingo de Muntiz, todos estantes en Valladolid y de procedencia vasca.

El primero es vecino del concejo de Mendata en Vizcaya, de 42 años de edad y marido de la «medio hermana» de padre de Juan Ruiz de Mutio. Declara que tras fallecer el padre de ambos se repartieron la hacienda entre los hijos y que la familia era tenida por hijodalgos notorios en San Juan de Murelaga (de donde procedían) y en Nuestra Señora de Nabarnes (Nabarniz, Vizcaya) y que nunca hubo en el linaje judíos. En la cuarta pregunta declara que le consta que Ruiz de Mutio lleva doce años trabajando al oficio de cantero. Por su parte Ochoa Ruiz de Goycoechea es vecino de la puebla de Bea en Vizcaya, y tiene 35 años. Declara que «le a visto muchas veces trabajar al dicho oficio en muchas partes... quel dicho Juan rruiz es muy buen oficial» (Fol. 12) y Juan de Mendiarrechaga, vecino de la Puebla de Aulestia, de 53 años, añade que sabe que Juan Ruiz «a tomado a su cargo muchas obras». Por último, Domingo de Muntiz, vecino de Santa María de Azpei de Gusturia, afirma que ha trabajado muchas veces en obras de cantería junto al solicitante.

Un detalle a destacar es que Juan Ruiz solicita la licencia para él «y un par de criados ofiçiales ansy mesmo y por casar que son buenos oficiales que serviran a su majestad como yo y seran gran provecho a la republica»;[12] se creaba así una pequeña cuadrilla capaz de garantizar un final exitoso en la construcción de cualquier obra. De nuevo la confianza, el trabajar entre conocidos (ya sean familiares o vecinos), como forma habitual de funcionamiento en el medio social canteril. Lo mismo harán otros muchos canteros que solicitan viajar a Indias: por ejemplo, otro oficial de cantería vecino de Santander, Diego de Alvear, solicitaba en octubre de ese mismo 1553 permiso para llevar al Perú a su criado Diego de la Concha, también oficial cantero, obligándose a ejercer su oficio.[13]

Sabemos que Mutio embarca en 1555, por lo que debemos presuponer que él y sus criados contaron con el abultado precio del pasaje, que ha sido calculado para Nueva España en estas fechas en torno a los 20.000 maravedíes, la mitad de los ingresos anuales de un artesano (Martínez Shaw 1994, 68). A este gasto debía sumarse los ocasionados por los trámites

de la licencia, la estancia en Valladolid y más tarde en Sevilla, etc., gastos que en el caso que nos ocupa fueron asumidos gracias al cobro de una herencia.

En el Perú

La «bonanza americana» actuó como principal factor de atracción frente a las escasas expectativas de prosperidad en Castilla (Serrera 2011, 144). Si en los primeros momentos de la emigración castellana el objetivo fue el foco antillano y en una segunda fase la «Tierra Firme» de Nueva España, en el momento que Juan Ruiz inicia su proceso, la emigración a las Indias está virando hacia el nuevo Virreinato del Perú, creado por orden real en 1542. Este territorio entre 1532 y 1560 recibirá una población de 20.000 personas según los estudios de Lockhart analizados por Martínez Shaw.

La estabilidad político-económica se alcanzará en el virreinato en el último cuarto del siglo y con ella vendrá el desarrollo urbano y la arquitectura, razón por la cual no resulta difícil encontrar canteros —y en general artistas— que emigran a la zona en este período.[14]

El trabajo en el Perú debió ser básicamente en arquitectura religiosa, ya que hemos visto como el propio cantero en su solicitud afirmaba ser «muy buen oficial pa(ra) hazer qualquyer yglesia e monasterio e otra qualquyer obra de canteria» (Fol. 01). Sin embargo, ha resultado infructuosa la búsqueda de documentación acerca de los trabajos que Mutio pudo llevar a cabo en el amplísimo Virreinato; quizá este joven cantero se asentase en Lima, entonces «emporio y corte deste reino de la Nueva Castilla del Perú» que se presentaba como óptimo para el trabajo de un oficial de cantería experimentado en obra religiosa al iniciarse la construcción de su catedral, contar ya con edificios de traza gótica como el convento de Santo Domingo (con bóvedas de crucería realizadas en 1547 por el maestro Jerónimo Delgado, el primer maestro mayor de Lima) o el puente sobre el Rimac del mismo maestro y necesitar mano de obra cualificada para hacer frente a la construcción de toda una ciudad (sobre la arquitectura doméstica Crespo Rodríguez 2006).

Sea como fuere, es importante destacar que Mutio, con la formación que arrastraba del tardogótico castellano, formó parte del sustrato profesional encargado de asentar y difundir las bases[15] de lo que poco después será la característica arquitectura virreinal sobre la que han escrito Antonio San Cristóbal o Valerie Fraser. Se trata de una arquitectura caracterizada en buena medida por el empleo de la bóveda de crucería estrellada (que solucionó muchos problemas de estabilidad de las obras tras problemas sísmicos), templos salón con naves a la misma altura tan seguros como los que habían dejado en Castilla[16] y portadas renacentistas; como ya hemos visto, una combinación habitual en la arquitectura castellana de mediados del XVI.

Notas

1. Archivo General de Indias (en adelante AGI), Indiferente, 2078, nº 79. Expediente de petición de licencia para pasar al reino de Perú de Juan Ruiz de Mutio, cantero. Año 1553, fol. 1.
2. Figura como pasajero en 1555. AGI, Pasajeros, L.3, E.2862. La noticia fue publicada en Barrio Loza y Moya Valgañón 1981, 254, recogiendo la referencia de Bermúdez Plata 1940. La biografía profesional de Juan Martínez de Mutio en Moya Valgañón 1980 I: 98-99.
3. AGI, Indiferente, 2078, nº 79, fol.3.
4. Id. Fol.1.
5. Las ventajas del modelo eran conocidas y alabadas en Castilla por reputados arquitectos como Rodrigo Gil de Hontañón o Juan de Álava. Este último, en 1531, las exponía así en referencia a la continuación de la catedral Nueva de Salamanca: Las ventajas de este sistema eran evidentes para Álava: «haziéndose desta manera, se evitará y ahorará mucha suma de maravedís, que será más de veynte mil ducados, con asaz de brevedad de tiempo, que se ganará más de tres o quatro años de dilazión y lo más sustançial es que conviene ansí para la perpetuidad y seguridad del hedifiçio, que será —haziéndose desta manera— la obra segura y fixa y duradera para siglos de los siglos y, juntamente con esto, el cuerpo del yglesia tendrá más magestad y autoridad y vista y terná más claridad y el coro de las oras más segura de inconvenientes de lo alto y con la claridad y luz que convenga» (Castro Santamaría 1992).
6. A.D.Logroño, Santa María de Briones, Libro 1, caja 23. Libro de fábrica desde 1562 (Alonso Ruiz 2003, 308-309).
7. Archivo de la Real Chancillería de Valladolid. Registro de Ejecutorias, caja 819,34. Otro Juan Martínez de Mutio, natural de Murelaga, moría en 1558 sin descendencia, por lo que no puede tratarse de ninguno de los dos canteros mencionados (Archivo de la Real Chancillería de Valladolid, Registro de Ejecutorias, caja 1027-32).

8. Se trataba de hijas de dos matrimonios con María Ibáñez de Olea y con Osana de Zubiaur. El pleito se interpone en la Real Chancillería de Valladolid con ejecutoria de 20 de septiembre de 1560 (Archivo de la Real Chancillería de Valladolid, Registro de Ejecutorias, Caja 983,27-3).
9. Para vascongados y navarros los autores vienen a coincidir en tres factores desencadenantes del fenómeno migratorio: el sistema hereditario (patrimonio indivisible para un único heredero), la presión demográfica y la escasez de recursos (Aramburu y Usunáriz 1989, 147).
10. AGI, Indiferente, 2078, nº 79, Fol.1.
11. Sobre la Casa de Contratación en el siglo XVI son básicos trabajos como Dánvila Collado 1892; Schäfer 1935 y VVAA 2004.
12. AGI, Indiferente, 2078, nº 79, Fol.1.
13. AGI, Indiferente, 1965, L.12, 13-X-1553 en Valladolid.
14. Como ejemplo, también de 1553 se da cédula a los oficiales de la Casa de la Contratación, para que den licencia a Juan Pérez de Aurutio, cantero, para pasar al Perú, obligándose a ejercer su oficio (AGI, Indiferente, 1965, L.12, fol. 58), Un año más tarde consta Juan de Acuriola, cantero, pasajero al Perú (AGI, Pasajeros, L.3. E.1902). En 1592 el cantero Benito Hernández de Cáceres, solicitaba su permiso (AGI, Indiferente, 2100, N.104). Sirva de ejemplo de la necesidad de artistas en estas fechas el caso del escultor y arquitecto de retablos Cristóbal de Ojeda que en 1554 viajaba al Perú acompañado de todo su taller: cuatro oficiales, dos entalladores y varios escultores.
15. «Archival records indicate this building technology was brought to colonial Peru in the mid-sixteenth century by European architects seeking solutions for the construction of masonry vaults over the monumental spaces of church naves and chapels». Rodríguez-Camilloni 2006, 2709.
16. «Con este esquema salón, desarrollado sobre una planta rectangular que a lo sumo destacaba en el testero una capilla mayor poligonal, se trazaron en el último tercio del siglo XVI las catedrales de los dos focos más importantes de la América española: en Nueva España, las de México, Puebla, Mérida y Guadalajara; en el Perú, las de Lima y Cuzco». Pano Gracia 2004, citando a Bérchez.

Lista de referencias

Este trabajo se incluye en el proyecto de investigación *Arquitectura y poder: el Tardogótico castellano entre Europa y América.* Plan Nacional de Proyectos de Investigación I+D+i. Ministerio de Ciencia e Innovación, Gobierno de España. (Ref. HAR2008-04912/ARTE).

— 1791 [1998]. *Recopilación de leyes de los Reynos de las Indias,* 3 vols. Madrid: Por la Viuda de D. Joaquín Ibarra. Ed. Facsímil: Madrid: Centro de Estudios Políticos y Constitucionales.

Alonso Ruiz, Begoña. 2003. *Arquitectura tardogotica en Castilla. Los Rasines*. Santander: Universidad de Cantabria, Colegio Oficial de Arquitectos de Cantabria.

Alonso Ruiz, Begoña. 2007. «*Mezclar el mundo.* Los primeros constructores castellanos en el Caribe». En *Arte y mecenazgo indiano. Del Cantábrico al Caribe,* editado por L. Sazatornil Ruiz, 89-104. Gijón: Ediciones Trea / Fundación Carolina / MEC.

Alonso Ruiz, Begoña. 2009. «El arte de la cantería en Castilla durante el siglo XVI». En *El arte de la piedra. Teoría y práctica de la cantería,* 157-171. Madrid: Ceu Ediciones.

Aramburu, J.M. y Usunáriz, J.M. 1991. «La emigración de navarros y guipuzcoanos hacia el Nuevo Mundo durante la Edad Moderna. Fuentes y estado de la cuestión». En *La emigración española a Ultramar, 1492-1914.* Reunión Científica de la Asociación de Historia Moderna, 1989, 143-156. Madrid: Asociación Española de Historia Moderna.

Arránz Márquez, Luis. 1983. «Emigración española a Indias. Poblamiento y despoblación antillanos». En *América y la España del siglo XVI,* v. 2, 63-91. Madrid: CSIC. Instituto Fernández de Oviedo.

Barrio Loza, J.A. y Moya Valgañón, J.G. 1981. «Los canteros vizcaínos (1500-1800). Diccionario biográfico». *Kobie* 11, ejemplar monográfico. Bilbao.

Bermúdez Plata, Cristóbal. 1940. *Catálogo de Pasajeros a Indias*. Vol. 3 (1539-1559). Sevilla.

Castro Santamaría, Ana. 1992. «La polémica en torno a la planta de salón en la Catedral de Salamanca». *Academia,* 75: 389-422.

Crespo Rodríguez, Mª Dolores. 2006. *Arquitectura doméstica de la Ciudad de los Reyes (1535-1750*). Sevilla: Universidad de Sevilla.

Dánvila Collado, M. 1892. *Significación que tuvo la Casa de Contratación y el Consejo de Indias.* Madrid.

Fraser, Valerie. 1990. *The Architecture of Conquest: Building in the Viceroyalty of Peru 1535–1635.* Cambridge and New York: Cambridge University Press.

Moya Valgañón, José Gabriel. 1980. *Arquitectura religiosa del siglo XVI en La Rioja Alta.* 2 vols. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos.

Moya Valgañón, José Gabriel. 1983. «Santa María de Briones». *Seminario de Arte Aragonés* 38: 213-226. Homenaje al Profesor Federico Torralba Soriano.

Navascués, Pedro. 2000. *Las catedrales del Nuevo Mundo.* Madrid: El Viso.

Ramírez Martínez, José Manuel. 1995. *Briones y sus monumentos*. Briones: Asociación de Amigos de Briones.

Pano Gracia, José Luis. 2004. «El modelo de planta de salón: origen, difusión e implantación en América». En *Arquitectura religiosa del siglo XVI en España y Ultramar*, 39-84. Zaragoza: Institución «Fernando el Católico».

Rodríguez-Camilloni, Humberto. 2006. «The survival of Gothic Rib vaulting in the Vicerroyalty of Peru». En *Second International Congress on Construction History,* Conference Proceeding, vol. 3, 2709-2725. Cambridge: Cambridge Unviersity.

Schäfer, E. 1935. *El Consejo real y Supremo de Indias.* Madrid.

Serrera, Ramón María. 2011. *La América de los Habsburgo (1517-1700).* Sevilla: Universidad de Sevilla-Fundación Real Maestranza.

Solano, Francisco de. 1983. «La emigración andaluza a las Indias durante el siglo XVI». En *América y la España del siglo XVI.* Vol 2, 39-45.. Madrid: CSIC. Instituto Fernández de Oviedo

VVAA. 2004. *La Casa de Contratación y navegación entre España y las Indias.* Sevilla: Universidad de Sevilla-CSIC.

El papel de los talleres de construcción locales en la difusión de los modelos decorativos en época romana: los casos de Valeria y Segóbriga en Cuenca

Javier Atienza Fuente

Las líneas que siguen a continuación tienen como principal finalidad la de dar a conocer los paralelos morfológicos y estilísticos que presentan algunos de los elementos arquitectónicos hallados en dos yacimientos arqueológicos de la provincia de Cuenca (las ciudades romanas de Segóbriga y Valeria), relativamente cercanos entre sí, y que podrían arrojar algo de luz acerca de los procesos de difusión a nivel interprovincial y local de los modelos decorativos aplicados a la arquitectura durante la época romana, así como su posterior procedimiento de asimilación y ajuste dentro de las tradiciones constructivas autóctonas de cada territorio.

Esta similitud entre los elementos arquitectónicos de ambos yacimientos arqueológicos hay que ponerla muy probablemente en relación directa con el trabajo desarrollado por los talleres de construcción locales, los cuales recogían las nuevas corrientes y tendencias que se estaban llevando a cabo en ciertas ciudades o regiones (entre ellas quizás la más influyente, aunque no la única, fuese la propia Roma) y las reinterpretaban en base a diversas variables como pudieran ser el tipo de material pétreo disponible, el sistema de trabajo empleado o el peso de las tradiciones arquitectónicas y decorativas anteriores a la presencia romana.

Los elementos arquitectónicos a los que se van a hacer referencia en este trabajo están todos ellos elaborados en piedra, por lo que los planteamientos, hipótesis y conclusiones que se puedan inferir a lo largo de los párrafos siguientes estarán referidos al trabajo, ejecución y elaboración de piezas fabricadas con este tipo de material lapídeo.

Antes de comenzar con el desarrollo del artículo es conveniente subrayar, salvo notables excepciones centradas en algunas regiones del norte de Italia y del sur de Francia y también algunos estudios referidos al entorno de Augusta Emerita (Mérida) y otros yacimientos puntuales del interior peninsular, la escasez de materiales publicados referentes al funcionamiento y desarrollo de las escuelas y talleres de construcción de ámbito provincial y local para el espacio geográfico correspondiente a la Península Ibérica. Esta falta de información hace que, necesariamente, algunos de los planteamientos expresados en estas líneas queden supeditados al resultado de futuras investigaciones y hallazgos arqueológicos que refrenden, modifiquen o desechen los postulados aquí expuestos.

La difusión de los modelos decorativos

No cabe la menor duda de que en la Antigüedad, Roma, sobre la base de su condición de capital del Imperio, fue la ciudad que marcó y dirigió si no la totalidad, sí buena parte de los designios políticos, económicos y culturales de los territorios que a ella estaban sometidos. De Roma no sólo emanaron edictos, leyes o acuñaciones monetarias con validez en todo el territorio imperial, sino que fue también exportadora de ideas y de arquetipos que adquirieron una rápida y amplia difusión en numerosos campos y

facetas de la vida pública y privada del ciudadano romano. Fue también el espejo en el que se miraron numerosas ciudades a la hora de planificar su urbanismo y llevar a cabo sus programas de desarrollo y embellecimiento arquitectónicos. De sus talleres salieron modelos arquitectónicos o tendencias decorativas que se extendieron primero por las ciudades y provincias más próximas para llegar, finalmente, hasta los lugares más remotos que conformaban el Imperio Romano, así como a algunas de sus zonas de influencia.

Con todo, no fue sólo Roma la que difundió patrones arquitectónicos que tuvieron una extensión y vigencia notables en determinadas zonas. Como se señalará a lo largo de este trabajo, no fueron pocas las influencias que provenían del norte de África y de Próximo Oriente que tuvieron una muy buena acogida y llegaron a implantarse sólidamente en la práctica constructiva de algunas escuelas locales.

Estas influencias y tendencias primigenias llegaban a los talleres y escuelas locales a través de maestros constructores que viajaban por todo el territorio del Imperio llevando consigo los nuevos modelos constructivos, bien en forma de bocetos o plantillas, seguramente semejantes a los cartones con diseños que poseían los maestros musivarios, o bien en forma de pequeñas maquetas, de terracota o piedra, sin desdeñar el uso de diseños en madera que, debido a lo perecedero del material, no han dejado huella en el registro arqueológico y, por lo tanto, ningún resto ha llegado hasta nosotros.

Era inevitable que las nuevas modas arquitectónicas y decorativas recibieran a su vez las influencias de las tradiciones locales y muchos elementos autóctonos llegaran a integrarse en una perfecta simbiosis junto a las novedades recién llegadas.

Este acoplamiento, fusión e integración entre las nuevas tendencias foráneas de decoración arquitectónica y las técnicas y motivos ornamentales tradicionales no se realizaba de una manera inmediata, sino que necesitaba de un proceso más o menos prolongado de adecuación y aceptación a las costumbres constructivas y decorativas locales que, a menudo, implicaba la transformación y reinterpretación de los nuevos elementos a introducir. Por otro lado, la llegada de los nuevos motivos arquitectónicos y ornamentales a los lugares más alejados del foco difusor de los mismos podía prolongarse en el tiempo, y no era infrecuente que en el momento en que las novedades se estaban introduciendo y aplicando en las prácticas constructivas locales de las provincias o ciudades más alejadas, en Roma y en los lugares de donde habían emanado, estas prácticas ya estaban obsoletas y desfasadas o habían caído en desuso.

Así pues, hay que tener en cuenta que las novedades tipológicas no se integraban en los restringidos ámbitos constructivos y decorativos provinciales o locales en su formato original surgido de la fuente difusora sino que, por el contrario, se suelen presentar con añadidos y variaciones provenientes de las tradiciones regionales de cada territorio.

Análisis descriptivo de los elementos arquitectónicos de la ciudad romana de Valeria

La ciudad romana de Valeria se encuentra situada en lo alto de un promontorio rocoso flanqueado al sur y al este por las paredes casi verticales, y de varias decenas de metros en algunos puntos, que conforman la hoz del río Gritos, el cual discurre al fondo del valle. Sin duda, estas formidables condiciones defensivas naturales junto a una posición estratégica y de control en las rutas que se dirigían al sur de la meseta, debieron influir para que, en un momento indeterminado de principios del siglo I a. C., este paraje se encontrase ocupado por un notable grupo de población dotado ya de un urbanismo organizado donde se integraban espacios públicos y edificios administrativos, según ha podido confirmar la arqueología.

Durante la primera mitad del siglo I d. C. la ciudad sufre una profunda modificación en sus estructuras constructivas cuando se lleva a cabo un programa de monumentalización arquitectónica que cambia drásticamente la fisonomía del núcleo urbano, especialmente la zona del foro y sus edificios aledaños. Algunas construcciones anteriores son desmanteladas hasta los cimientos, que quedan amortizados en las cimentaciones de las nuevas edificaciones, y así han aparecido en las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en el lugar.

Tras esta etapa de grandes transformaciones urbanísticas, la actividad edilicia evidencia una desaceleración, lo que no quiere decir que desapareciera por completo, ya que se han podido documentar arqueológicamente diversas remodelaciones y reutilizaciones de elementos arquitectónicos a lo largo del siglo

II d. C. y siguientes, hasta bien entrado el siglo V.

Los elementos arquitectónicos localizados en Valeria que se han sido seleccionados para el presente estudio se localizan en el interior de la iglesia de la Sey, en pleno casco urbano de la localidad actual de Valeria.[1] Se trata de componentes constructivos de época romana que fueron reutilizados durante la construcción de la mencionada iglesia parroquial formando parte del núcleo interno cuatro de los pilares que dividen el espacio interior del edificio en tres naves. Su descubrimiento se efectuó en el transcurso de unas obras de restauración que afectaron a gran parte de la estructura del edificio y que fueron llevadas a cabo a principios de la segunda mitad del pasado siglo.

Todos los elementos conforman un conjunto de siete capiteles y veinte tambores de columna cuyo estado de conservación es relativamente bueno al haber sufrido pocas alteraciones respecto a su aspecto original por el hecho de haber permanecido ocultos en el interior de los pilares. Esta circunstancia posibilita y facilita en gran medida una aproximación al estudio de sus características técnicas y tipológicas, que es el que vamos a acometer en este apartado.

Tratar de realizar un estudio detallado de los capiteles, dada su complejidad y variedad de tipos, resultaría una tarea que rebasaría con creces la extensión y finalidad de este trabajo introductorio, por lo que me centraré en la descripción de los tambores de columna que, para la finalidad de mostrar la difusión de los modelos arquitectónicos en un espacio geográfico determinado, resultan verdaderamente representativos.

Del total de los veinte tambores de columna localizados, se puede proceder a una primera división en tres grupos, atendiendo a su decoración superficial y a la molduración recibida. Así, encontramos un primer conjunto, el más numeroso, formado por siete tambores lisos o carentes de decoración. Este tipo de tambores de columna, dada su abundancia y homogeneidad a lo largo de toda la historia de la arquitectura romana, no aportan ninguna información significativa respecto al objetivo perseguido en este trabajo, por lo que no me extenderé en la descripción de los mismos. En algunos casos la superficie era originariamente lisa, en otros se detectan indicios de retoques o alteraciones posteriores que acabaron con todo resto o con parte de la decoración o molduración precedente, quizás en el momento de su reutilización en el interior de los pilares.

El segundo grupo de tambores de columna lo constituyen aquellos que presentan una decoración a base de estrías o acanaladuras verticales. De las dos unidades que conforman el grupo, uno de ellos presenta las acanaladuras macizas o rellenas por una moldura convexa, un baquetón o junquillo (contracanal) en la mayor parte de su longitud, quedando el resto de la pieza recorrida por acanaladuras exentas (Fig. 1); el tambor restante dentro de este grupo tiene su superficie decorada con acanaladuras exentas en toda su longitud (Fig. 2). En lo dos casos, las acanaladuras se encuentran separadas por listeles lisos, trabajados a cincel y sin ningún tipo de ornamento. Hay que señalar que este tipo de fustes estriados, con presencia de contracanales o sin ellas, es muy represen-



Figura 1
Tambor de columna de Valeria decorado con acanaladuras verticales y contracanales en dos tercios de su longitud. Archivo propio



Figura 2
Tambor de columna de Valeria decorado con acanaladuras verticales exentas separadas por listeles lisos. Archivo propio

tativo de la arquitectura romana en todo tipo de edificaciones y presenta muy pocas variaciones a lo largo de toda la época romana.

El tercer grupo de tambores de columna corresponde a un conjunto de dos unidades con la superficie moldurada a base de acanaladuras en espiral, que recorren verticalmente el fuste, separadas por listeles lisos que, lógicamente, también adoptan una forma helicoidal. Uno de ellos correspondería al tambor final de una estructura columnar (sumoscapo), dado que en uno de sus extremos se conserva el final de las acanaladuras a base de meniscos cóncavos para cada una de éstas, y el astrágalo, una moldura compleja formada por un caveto y medio bocel, que conformaría el final del fuste. Sobre la superficie superior de este tambor se apoyaría el capitel correspondiente.

Un cuarto conjunto lo compondrían cuatro tambores de columna que, al igual que en el segundo grupo comentado anteriormente, presenta una decoración a base de acanaladuras o estrías verticales separadas cada una de ellas por medio de un listel. La peculiaridad de este grupo de elementos arquitectónicos radica en la aparición de un nuevo elemento decorativo labrado sobre los listeles de separación de las acanaladuras (Fig. 3). Se trata de una ornamentación en relieve a base de cuentas o perlas combinadas con husillos o carretes que recorren longitudinalmente los listeles y que ocupan casi la totalidad de la superficie de éstos (Fig. 4). El ritmo de este singular tipo de ornamentación es el siguiente: a cada forma de huso o carrete le siguen dos perlas o cuentas unidas, y así en



Figura 3
Tambor de columna de Valeria con acanaladuras verticales y listeles decorados con relieves. Archivo propio



Figura 4
Detalle de la decoración en relieve que recorre los listeles entre las acanaladuras. Archivo propio

toda la longitud de los listeles. En la labra de las perlas o cuentas es posible observar perfectamente, aun en el caso de aquellos tambores que presentan un mayor grado de deterioro, el uso del trépano o taladro de mano, lo que produce un llamativo juego de luces y sombras a lo largo de toda la superficie decorada de esta manera.

Un quinto conjunto se podría formar agrupando a los cuatro tambores que, presentando una decoración estriada a base de acanaladuras helicoidales, como en el grupo que se ha comentado en tercer lugar, contiene en los listeles de separación entre las acanaladuras unos relieves ornamentales a base de cuentas y carretes en todo semejante al descrito en el párrafo anterior. Uno de estos tambores de columna conserva íntegro el astrágalo y el final de las acanaladuras, por lo que formaría parte del sumoscapo de una estructura columnar sobre la que se apoyaría un capitel (Figs. 5 y 6).

La sexta y última subdivisión de los tambores de columna valerienses estaría formada por una sola unidad. La peculiaridad de este tambor radica en que la totalidad de su superficie estaría completa y

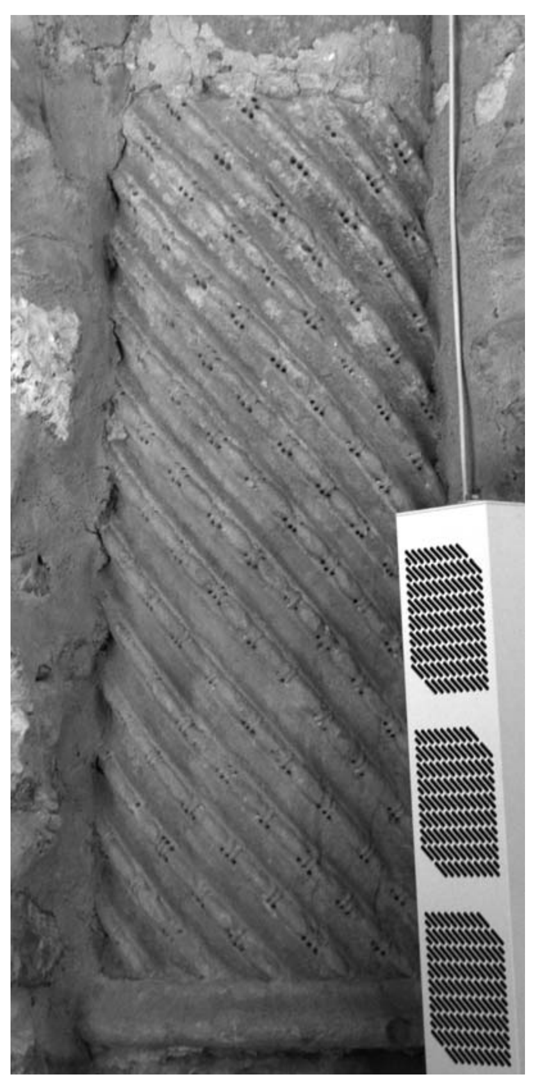


Figura 5
Tambor de columna de Valeria con fuste acanalado helicoidalmente y decoración en relieve sobre los listeles. En la parte inferior de la imagen se advierte el astrágalo de coronación del fuste. Archivo propio



Figura 6
Detalle de la decoración en relieve labrada sobre los listeles helicoidales. Archivo propio



Figura 7
Tambor de columna de Valeria con la superficie del fuste completamente cubierta de relieves con motivos vegetales, roleos, acantos y guirnaldas. Archivo propio

profusamente cubierta de motivos ornamentales de inspiración vegetal a base de roleos, guirnaldas y acantos labrados en relieve (Fig. 7). El estado de conservación de este tambor de columna y su decoración es muy bueno, por lo que es posible observar el frecuente uso del trépano por parte del artesano encargado de llevar a cabo la talla decorativa. Las perforaciones dejadas por este instrumento, la exuberancia vegetal de los relieves, las formas torsionadas y superpuestas de los motivos decorativos, así como las formas denticuladas de roleos, acantos y cardos, ofrecen un vivo contraste de claroscuro a lo largo de toda la superficie de este tambor de columna.

Análisis descriptivo de los elementos arquitectónicos de la ciudad romana de Segóbriga

La ciudad romana de Segóbriga se encuentra localizada en el cerro Cabeza de Griego a pocos kilómetros de la localidad conquense de Saelices. Las excavaciones arqueológicas han confirmado una ocupación continuada del lugar al menos desde el primer tercio del siglo I a. C. En torno al cambio de era, las estructuras cesarianas son arrasadas y desmanteladas en el curso de un enorme proyecto de monumentalización urbana que modifica completamente el aspecto anterior de la ciudad y tras el que el núcleo urbano debió conseguir su mayor grado de desarrollo. Este gran programa de remodelación arquitectónica quizá haya que relacionarlo con la pro-

moción del núcleo urbano a la categoría jurídica de municipio y a su posición capital respecto a la gestión sobre la explotación y comercialización del lapis specularis (yeso translúcido de gran calidad susceptible de ser laminado y utilizado principalmente como cerramiento de ventanas, entre otros usos). Sin duda, Segóbriga sería el núcleo principal de un extenso territorio, y una de las ciudades más importantes de toda la submeseta sur.

Durante este vasto programa arquitectónico, aparecen o se remodelan nuevos espacios públicos, como el foro, verdadero motor de la vida pública y privada de los ciudadanos que habitaban en la ciudad o en sus alrededores. En torno a esta plaza pública se localizan los edificios de carácter político y religioso más importantes de la urbe. Es ahora, durante el curso de este amplio esfuerzo constructivo, cuando la ciudad se dota de teatro y anfiteatro, dos edificios destinados a acoger actividades de espectáculos y que gozaban de gran popularidad entre la población local, al igual que las termas monumentales levantadas en la terraza intermedia del cerro, al oeste de la plaza forense, que también datan de este momento. En el último tercio del siglo I d. C. todos o gran parte de estos nuevos ámbitos arquitectónicos debían de estar acabados e incluso en pleno funcionamiento, a juzgar por las evidencias arqueológicas que han arrojado las excavaciones sistemáticas de las que han sido objeto en las últimas décadas.

Tras este episodio de intensa actividad edilicia se abre un periodo en el que no se documentan grandes proyectos arquitectónicos, aunque ello no quiere decir que los trabajos de construcción y edificación desaparecieran por completo, pues en diversos puntos de la ciudad romana se han documentado actuaciones significativas, aunque puntuales. Habrá que esperar a la segunda mitad del siglo II d. C. para que Segóbriga se embarque en otro proyecto constructivo de gran envergadura. Me estoy refiriendo a la construcción de un tercer edificio de espectáculos, el circo, localizado en la campaña arqueológica de 2004 y excavado parcialmente durante las cuatro campañas posteriores. Este inmenso edificio exigió, con toda probabilidad, una exhaustiva planificación constructiva.

A lo largo del siglo IV d. C. se produce un lento pero constante abandono de los principales monumentos y espacios urbanos de Segóbriga lo que sería un síntoma del notable declive económico de la ciudad en esos momentos y de su progresiva transformación en un centro de carácter rural. Esta tendencia ya no se detendría y, a pesar de que en época visigoda todavía seguía siendo un núcleo poblacional de relativa importancia, tras la Reconquista sólo subsistía una pequeña población rural, de carácter residual, que acabaría por desaparecer completamente.

A diferencia de lo que ocurre en Valeria, donde las piezas de época romana a las que hemos hecho referencia se encuentran todas reutilizadas en una misma construcción medieval, en Segóbriga la dispersión de los fragmentos arquitectónicos seleccionados para este trabajo es más notable. No obstante, atendiendo al lugar de su hallazgo, es posible circunscribirlas prácticamente en su totalidad a un único ámbito arquitectónico: el teatro.

Para el caso de Segóbriga se utilizará la misma división y agrupación que se ha establecido al describir los elementos arquitectónicos tomados como ejemplo para el caso de Valeria. De la misma manera, no se tratará ni del estudio ni de la descripción de los capiteles pertenecientes al teatro o a otros ámbitos arquitectónicos cercanos por las mismas razones de complejidad y extensión esgrimidas en el apartado anterior.

Ya se ha señalado apartado anterior que los tambores de columna lisos apenas aportan información relevante acerca de la difusión de los modelos ornamentales, por lo que se prescindirá aquí de hacer una descripción exhaustiva de los mismos, habida cuenta de la gran cantidad de este tipo de elementos arquitectónicos que han sacado a la luz las diferentes campañas de excavación arqueológica desarrolladas en el yacimiento segobrigense. Prácticamente no hay ningún edificio en el yacimiento de Segóbriga de los que se han excavado hasta la actualidad en los que no se haya sacado a la luz algún elemento arquitectónico de esta tipología. Es posible que algunos de los tambores de columna que actualmente presentan un acabado superficial liso hayan sido objeto de retoques posteriores, con la finalidad de ser reutilizados, que habrían hecho desaparecer cualquier resto ornamental en el caso de que los tuvieran.

Respecto a los tambores de columna con decoración estriada a base de acanaladuras verticales separadas por listeles lisos, cincelados y sin decoración, en Segóbriga existe una amplia representación de esta tipología con diferentes diámetros de fuste (Fig. 8). Tanto en el teatro como en la basílica forense, por



Figura 8
Conjunto de tambores de columna acanalados verticalmente tal y como fueron exhumados en las excavaciones arqueológicas del área del teatro de Segóbriga. Archivo propio

citar tan sólo dos lugares concretos, se han exhumado piezas de este tipo que presentan tanto acanaladuras exentas como con contracanales. La información que se puede inferir del estudio de este tipo de elementos arquitectónicos respecto al trabajo de los talleres locales es poco significativa, dada la continuidad que esta tipología de columnaria tuvo a lo largo y ancho de toda la geografía del Imperio romano.

En cuanto a los tambores de columna estriados cuyas acanaladuras recorren el fuste en espiral, los ejemplos hallados en Segóbriga prácticamente se circunscriben al entorno del teatro o sus alrededores (Fig. 9). Se acepta como muy probable que formaban parte de la decoración arquitectónica del frente de escena de este edificio. En algún caso se ha conservado la estructura columnar completa, desde la basa hasta el capitel. En cuanto a sus características, son en todo semejantes a lo apuntado para los ejemplos de Valeria.

En el mismo ámbito arquitectónico del teatro de Segóbriga no he podido documentar ningún ejemplo de tambor de columna con decoración estriada a base de acanaladuras verticales separadas por listeles, los cuales habrían recibido el tipo de decoración a base de husos y cuentas que se describía en el cuarto grupo del apartado anterior referido a Valeria. No obstante, es muy probable que este tipo de fuste de columna haya tenido su uso en Segóbriga, al menos en la ornamentación arquitectónica del frente escénico del teatro, dado que, como se verá en el conjunto siguiente, la específica decoración de los listeles a base de contarios sí se encuentra documentada arqueológicamente.



Figura 9
Reconstrucción con elementos originales de una columna de fuste salomónico o con acanaladuras en espiral en la zona del frente escénico del teatro de Segóbriga. Archivo propio

Aún más numerosos en el yacimiento de Segóbriga son los tambores de fuste con decoración estriada mediante acanaladuras helicoidales separadas por lis-



Figura 10
Fuste de columna con acanaladuras en espiral y listeles decorados con motivos en relieve localizado en las proximidades del teatro de Segóbriga. En la parte inferior de la pieza es posible distinguir la moldura de coronación del fuste, donde apoyaba el capitel correspondiente

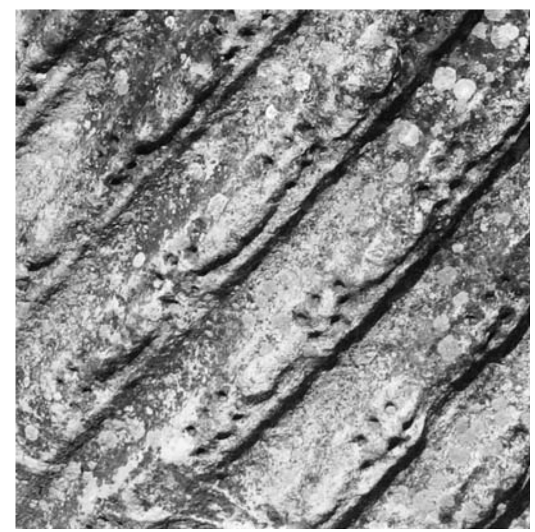


Figura 11
Detalle de la decoración en relieve que recorre los listeles de separación entre las acanaladuras de la figura anterior

teles decorados con husos y cuentas (Figs. 10 y 11). Son en todo semejantes a los descritos en el caso de Valeria, y su hallazgo se circunscribe a la excavación del Teatro o han aparecido en los alrededores del mismo. Se cree que formaban parte de la decoración arquitectónica del frente escénico del citado edificio de espectáculos.

Por lo que se refiere al tipo de tambor de columna decorado en la totalidad de su superficie con una gran profusión de relieves que representan elementos vegetales, máscaras y guirnaldas, exhumados del yacimiento de Segóbriga, se conservan dos ejemplos expuestos en el Museo Arqueológico Provincial de la capital conquense (Fig. 12). Los motivos decorativos y la técnica empleada en su ejecución son en todo paralelos a los que forman la ornamentación del ejemplo conservado en Valeria.

Conclusiones

Una vez terminada la descripción de algunos de los elementos arquitectónicos más significativos, y únicos desde el punto de vista ornamental, tanto de Valeria como de Segóbriga, es pertinente realizar una serie de valoraciones y puntualizaciones que permitan llegar al establecimiento de unas hipótesis de trabajo y unas conclusiones que puedan poner en relación los hallazgos de ambos yacimientos.

En primer lugar, es de destacar la realización de manera simultánea y en ambos yacimientos de sendos proyectos de monumentalización arquitectónica y urbana que comienzan poco antes del cambio de era y que se prolongan a lo largo de casi todo el siglo I d. C. En ambos casos se desmantelan o arrasan las estructuras preexistentes para conseguir espacios donde levantar las nuevas construcciones. Hay que presuponer que la puesta en marcha y ejecución de



Figura 12
Tambor de columna con su superficie cubierta de relieves que representan motivos vegetales, guirnaldas, roleos, acantos y máscaras. Exhumado en Segóbriga en la década de 1960, junto con otros ejemplares de similares características, en la actualidad se encuentra expuesto en el Museo Provincial de Cuenca

estos vastísimos programas constructivos atraería a las dos ciudades a un gran número de personas, libres y esclavas, para ser empleados en labores constructivas cotidianas, así como en aquellas otras que requerían alguna destreza concreta o precisaban de alguna habilidad especializada. En este último caso y desde mi punto de vista, no es descartable la presencia de uno o varios artesanos especialistas en la labra de piedra, trabajando personalmente u organizando las actividades constructivas de forma simultánea o alternativamente en ambas ciudades romanas.

Finalizados los programas constructivos monumentales, la actividad edilicia tuvo que verse reducida notablemente. No obstante, el trabajo de artesanos especializados en la labra de la piedra y otras actividades afines debieron mantener una actividad continuada e intensa atendiendo a otras necesidades constructivas relacionadas, entre otras temáticas, con el mundo funerario. Este hecho es especialmente evidente en Segóbriga, donde ha sido objeto de un estudio específico.[2]

Hay que tener en consideración también el hecho de que, con toda probabilidad, ambos conjuntos de elementos estructurales descritos pertenecen a un mismo edificio o, cuando menos a un mismo complejo arquitectónico. Esta afirmación viene avalada, en el caso valeriense, por el hecho de presentar los tambores de columna una misma modulación en sus medidas, sobre todo en el diámetro de los tambores, coincidente con la base de los capiteles hallados en el mismo lugar, y la repetición de un mismo ritmo decorativo en sus motivos ornamentales; en el caso segobrigense, la aparición de los elementos arquitectónicos descritos más arriba, en un mismo entorno arqueológico, apuntaría en la misma dirección de pertenecer a la misma construcción. Ya se ha apuntado que se acepta que los elementos arquitectónicos de Segóbriga pertenecerían a la decoración del frente escénico del teatro, que cerraría el edificio por el norte. Para Valeria, algún autor ha apuntado la posibilidad de que los elementos constructivos hallados, embutidos en los pilares de la iglesia parroquial de la localidad, perteneciesen a un gran edificio monumental de carácter urbano, quizás un templo, enclavado en la única zona de libre expansión urbana de que disponía Valeria, debido a la peculiar configuración geomorfológica y topográfica de su entorno.[3]

Por otro lado, hay que hacer una mención obligada acerca de la falta absoluta de paralelos morfológicos y estilísticos en los yacimientos de época romana cercanos, con los que poder poner en relación los ejemplos aquí expuestos. Este hecho, que puede deberse tanto a la exclusividad de las piezas arquitectónicas, como al hecho de que, aún existiendo ejemplos análogos, todavía no han sido hallados, hace que cobre fuerza la hipótesis de la existencia de un taller especializado u officina encargado de la elaboración de los elementos arquitectónicos o, cuando menos, interviniendo en la labra de la decoración de las piezas.

Los ejemplos arquitectónicos más cercanos con los que poder establecer paralelos estilísticos y morfológicos de estas tendencias ornamentales hay que

situarlos en el Oriente del Imperio, principalmente en el norte de África, con la excepción de algunos ejemplos peninsulares. Este hecho, la propia exclusividad y excepcionalidad de los motivos ornamentales utilizados en los ejemplos descritos, lleva a plantear la posibilidad de que el maestro o los maestros artesanos encargados de labrar en los bloques de piedra los relieves decorativos hubieran tenido una formación previa en algún taller oriental o conocieran profundamente las corrientes decorativas que se estaban utilizando en aquellos lugares.

Notas

1. Una primera sistematización de los elementos arquitectónicos localizados en el interior de los pilares de la iglesia parroquial de Valeria se puede encontrar en Conce López (1997).
2. Abascal Palazón 1992, donde se realiza una magnífica síntesis del funcionamiento, características estilísticas, cronología y difusión de los productos de esta officina segobrigense.
3. Conce López 1997.

Lista de referencias

Abascal Palazón, J. M. 1992. «Una officina lapidaria en Segóbriga. El taller de las series de arcos». *Hispania Antiqua* 16. 309-343.

Abascal, J. M.; Almagro-Gorbea, M. y Cebrián, R. 2007. *Segóbriga. Guía del Parque Arqueológico*. Toledo: Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Adam, Jean-Pierre. [1989] 1996. *La construcción romana, materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios.

Atienza Fuente, J. 2009. «Explotación de canteras para la obtención de material constructivo en época romana: el ejemplo de Segóbriga». En *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción* 1: 119-128. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Atienza Fuente J. 2010. «Cantería y construcción pétrea en época romana. Una aproximación al estudio del trabajo de la piedra en la ciudad de Segóbriga». *Studia Academica. Revista de Investigación Universitaria* 16: 11-72. Cuenca: Centro Asociado a la UNED «Alfonso de Valdés».

Choisy, Auguste. [1873] 1999. *El arte de construir en Roma*. Madrid: Instituto Juan de Herrera. CEHOPU. CEDEX.

Conce López, J. 1997. «Un conjunto de elementos arquitectónicos reutilizados en Valeria». En *Ciudades Romanas en la Provincia de Cuenca. Homenaje a Francisco Suay Martínez*. Cuenca: Publicaciones de la Diputación Provincial de Cuenca. Serie arqueología Conquense, nº 14: 133-147.

Fuentes Domínguez, A. 1997. «Valeria: historia del yacimiento y resultado de las últimas investigaciones». En *Ciudades Romanas de la Provincia de Cuenca. Homenaje a Francisco Suay Martínez*. Cuenca: Publicaciones de la Diputación Provincial de Cuenca. Serie Arqueología Conquense, nº 14: 103-131.

Osuna Ruiz, M.; Suay Martínez, F.; Fernández González, J. J.; Garzón, J. L.; Valiente Cánovas, S. y Rodríguez Colmenero, A. 1978. *Valeria Romana I*. Cuenca.

Taylor, Rabun. 2006. *Los constructores romanos. Un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Madrid: Ediciones Akal. Colección Textos de Arquitectura.

Trunk, Markus. 2008. *Los capiteles del foro de Segóbriga. Evaluación tipológica y estilística*. Cuenca: Publicaciones del Parque arqueológico de Segóbriga. Serie Minor.

Relación entre cambios geométricos y estabilidad en cúpulas esféricas

José Miguel Ávila Jalvo
Miguel Ávila Nieto

En este ejercicio seguimos los pasos que dieron *los tres matemáticos* en san Pedro de Roma, y Lamé y Clapeyrón en san Isaac de San Petesburgo, cuando trocearon esas cúpulas para estudiar el balance de la energía potencial del movimiento de caída. Con la misma idea que ellos: determinar la seguridad analizando la geometría de sus daños.

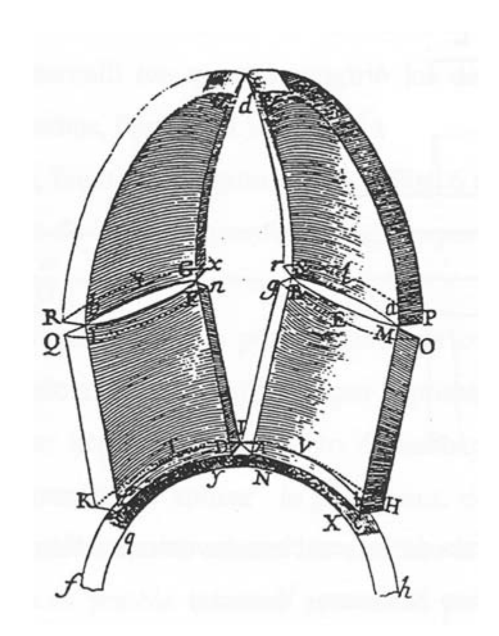


Figura 1
Poleni

La figura 1 incluye el conocido dibujo con el que Poleni ilustra el mecanismo de colapso ingeniado por *los tres matemáticos*, que representa husos esféricos, limitados por grietas meridionales consecutivas, y se prolongan en el tambor. Corresponde al instante de la rotura, cuando se forman rótulas horizontales en coronación y base del tambor. Dibujo con el que critica la irrealidad de ese movimiento y propone un modelo alternativo materializado con cuerdas y bolas, que representa mecánicamente a la línea de empuje. En la figura 2 vemos dibujada esa línea, ajustada al espesor de una cúpula de espesor constante e infra-semicircular, extraída de J. Heyman: *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*. Edición de Santiago Huerta. IJH pág 315. Como ahora sabemos, todos

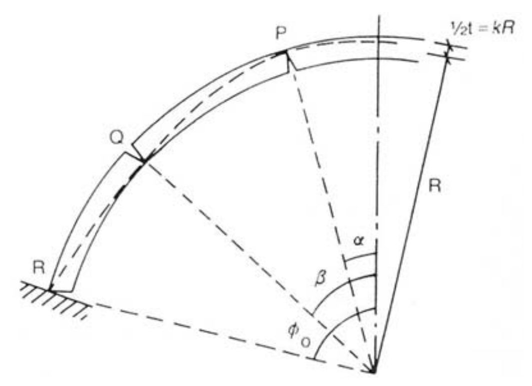


Figura 2
Heyman

tenían razón, y sus procedimientos, basados en la energía y en el análisis límite, son los que mejor simulan actualmente esta realidad.

En este trabajo analizamos los cambios de geometría que se producen al variar la energía potencial de una cúpula al degradarse. No hemos incluido la energía necesaria para vencer el rozamiento y separar circunferencialmente los sillares o para rasgar la fábrica, si fuera de ladrillo. En cuanto al material de los trozos en que se divide la cúpula para llevar a cabo el movimiento de acomodación, es rígido.

EL MODELO

El estudio se realiza en una cúpula semiesférica de espesor constante t/Ø=5% —habitual en lo construido—, sin linterna ni tambor y sometida a su propio peso. Si fuera semiesférica su espesor mínimo 't' para mantener el equilibrio (si no se deformara) vale t/Ø ≈ 2,1%. Por lo que esa holgura de espesor, respecto al límite, admite dilataciones de la base, generalmente causadas por el desplome de los muros de un posible tambor de apoyo, o valores razonables de degradación propia de los morteros, que pueden modelarse como un descenso de la coronación.

LÍNEAS DE ROTURA

La cúpula tiene que trocearse para deformar su geometría. La primera condición para que caiga es que aparezcan, en una primera fase de degradación, unas roturas meridionales desde abajo hasta la latitud α de la rótula P.

Si aumenta el movimiento, se entra en una segunda fase, ya de prerrotura, en la que cada huso se quiebra en tres trozos siguiendo los paralelos de latitudes α y β: un casquete y dos zonas esféricas. Éstas giran y aquél desciende. El giro de la zona inferior RQ sólo es posible hacia fuera, luego R está en el extradós; y, a partir de ahí, la situación de las rótulas va alternando dentro/fuera para que la caída sea posible.

COMPATIBILIDAD DEL MOVIMIENTO

El movimiento durante esta segunda fase de roturas horizontales, se pueden dividir en dos o tres fases (figura 3): la primera, que sólo tiene lugar si aumenta el diámetro de la base, es de traslación; la segunda, de giro global alrededor de la rótula inferior R y, la tercera, de giro de la zona superior QP en torno a la rótula Q, para que P mantenga la distancia al eje de simetría, ya que el casquete PO sólo desciende.

Por tanto, fijada la magnitud de la alteración externa, sea el descenso del casquete (degradación propia) o sea el dilatación en la base (desplome del tambor de apoyo), se calcula el giro D en la base a partir de la compatibilidad de estos dos o tres movimientos.

CONSUMO DE ENERGÍA DURANTE LA VIDA DE LA CÚPULA

Desde el descimbrado hasta el instante previo a la caída, cualquier trabajo exterior produce el descenso

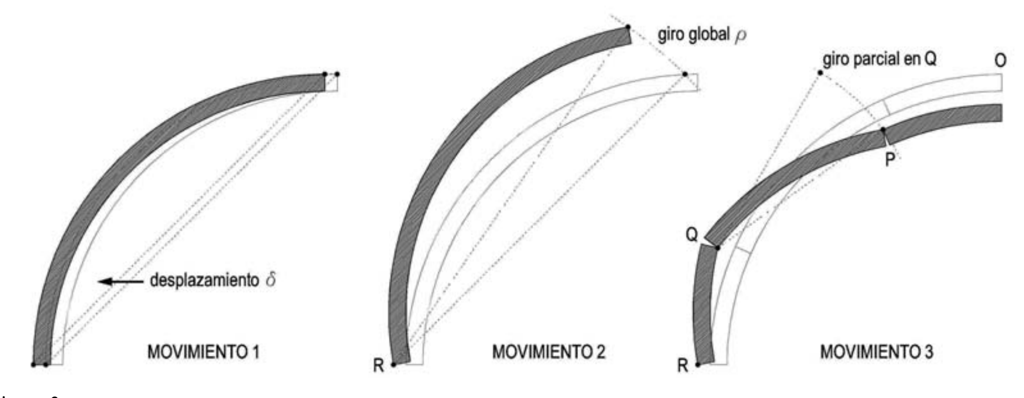


Figura 3

del centro de gravedad de la cúpula (trabajo negativo), al que la cúpula responde moviéndose como queda descrito arriba, para producir trabajo positivo que la devuelva el equilibrio, lo que consigue girando la base hacia fuera para elevar su centro de gravedad y realizar un trabajo positivo interior que iguale al externo.

$$W_{ext} = W_{int} \, [= W_{RQ} \pm W_{QP} - W_{PO}]$$

El trabajo interior se descompone en el de la zona RQ cuyo centro de gravedad asciende siempre, el de la QP, que asciende o desciende, y el del casquete PO que desciende. Podríamos decir que la cúpula tiene una reserva inicial de energía potencial que le permite contrarrestar perturbaciones externas hasta alcanzar movimientos muy acusados antes de hundirse. Al ir aumentando la deformación geométrica se va consumiendo esa reserva de energía. Reserva que es propiamente la definición de su estabilidad.

TRADUCCIÓN DE ENERGÍA A GEOMETRÍA

Una vez estudiados los cambios de energía de la cúpula a lo largo de la historia de sus movimientos, desde el descimbrado al hundimiento, las variables mecánicas se corresponden de forma biunívoca con las geométricas, que son: dilatación *hor de la base, descenso *ver de la clave y giro D en el arranque. Esto permite confeccionar un gráfico que represente la geometría deformada de la cúpula en cualquier momento de su vida a través de esas tres variables. En consecuencia, si se conocieran sus variaciones de dimensión desde que se construyó, quedaría ubicada en él de inmediato y, por tanto, determinada su estabilidad.

En la figura 4 se muestra ese gráfico que relaciona los tres elementos de movimiento, δhor, δver y D para un huso entre grietas verticales cada θ = 30º. Las rótulas P y Q están situadas en latitudes α = 24º y β = 60º por razones que se desarrollan más adelante. A la información geométrica se ha añadido una serie de curvas equipotenciales que son las que recorre la cúpula cada vez que se reacomoda. La inferior de ellas es la de energía nula W = 0, las demás, son distintas energías positivas cuyo valor absoluto no se ha indicado porque depende del tamaño de la cúpula y del peso específico del material. La recta superior

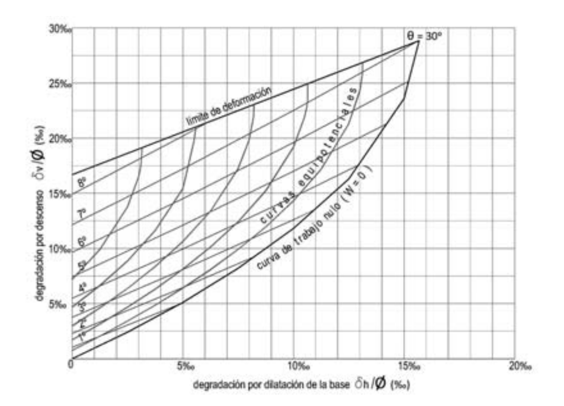


Figura 4

representa el límite de deformación geométrica en el instante del colapso.

Control de movimientos

En la figura 5 se repite el mismo gráfico para describir los tipos de movimiento en los que se supone conocida la ubicación del estado de deformación geométrica de la cúpula dentro de su historia.

Si en una cúpula sin deterioro propio —sillería con juntas finas— se produce una dilatación de la base causada por cierto desplome del tambor, el trabajo exterior provoca un movimiento horizontal (A) y la cúpula se reacomoda manteniendo su potencial, para lo que sigue el recorrido (B). El colapso de produce por exceso de deformación.

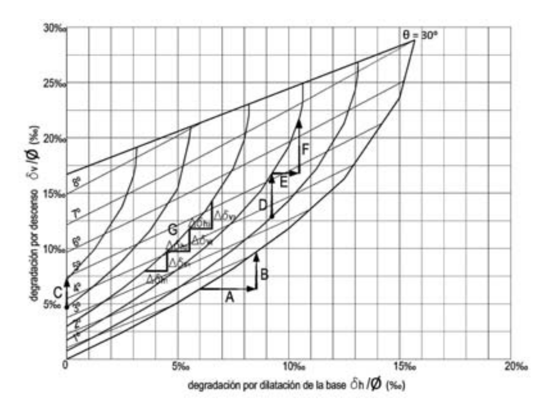


Figura 5

Si, en otra sin posibilidad de dilatación de la base —tabicada, o mejor de rosca con juntas grandes, y sin tambor o muy rígido—, se van degradando los morteros de las juntas, la merma de dimensión puede resumirse en el descenso de una cantidad (C) del casquete. La cúpula se reacomoda cambiando su forma según se produce ese descenso, obligándola a pasar a un mayor nivel de energía, o sea, a consumir su reserva.

En general, se combinan los dos movimientos, de manera que una cúpula que se degrade (D), consumiendo una cantidad de energía que la obliga a subir a otro nivel, y a la vez dilate (E) se reacomoda subiendo (F) para mantenerse en el nuevo potencial.

El problema está en ubicar en este gráfico el estado de la cúpula durante el tiempo de en que se realiza el control de sus movimientos. La mejor aproximación para conocer δhor/Ø se consigue sumando la apertura de todas las grietas de la base, lo que determina el incremento de diámetro de la circunferencia y consecuentemente el del diámetro y el valor δhor/Ø; haciendo lo mismo a cierta altura por debajo de la rótula β para que sólo se mida el movimiento de la zona RQ, por ejemplo a 70º, se conoce el giro D en la base. Aunque con estos dos datos se dispone del movimiento completo, desgraciadamente no hay forma de tener referencias a origen del descenso δver/Ø de la coronación, lo que permitiría tener una medida complementaria de contraste. Salvo partir de una supuesta perfección geométrica original para las tres referencias.

Mediante las funciones de trabajo, las medidas reales en distintos momentos δh y δv, su variación y la de la pendiente Δv/Δh (escalonamiento G de la figura 5) se puede situar teóricamente el tiempo en el que se haya estado controlando los movimientos de la cúpula dentro su gráfico general, pero esto queda fuera del ámbito de este trabajo.

Determinación de las latitudes de las rótulas

Las dos rótulas intermedias Q y P están situadas en aquellas latitudes que lleven a la cúpula, en su movimiento de acomodación, a realizar un trabajo mínimo. Este balance de energía se ha obtenido variando su situación de grado a grado y determinando el trabajo desarrollado en cada caso. Naturalmente, esas latitudes podrían obtenerse también dibujando la línea de empuje paso a paso sobre la sección cada vez más deformada, ya que las rótulas se forman en las secciones donde la excentricidad de esa línea mecánica es máxima y de valor cercano a la mitad del canto.

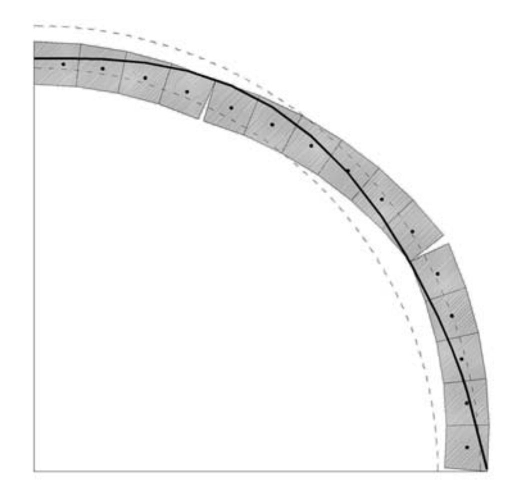


Figura 6
Superposición de modelos con la deformación geométrica límite

Para volver a la introducción de este trabajo, y poner en correspondencia los dos procedimientos de análisis citados allí, hemos superpuesto los dos modelos en el instante de rotura de la cúpula. Imagen poco frecuente, dado que la línea de empuje se suele construir sobre la sección sin deformar pues se suele atender más a estudiar el equilibrio que la estabilidad. Hay que añadir que las latitudes de las rótulas cambian algo con el cambio de geometría, sobretodo la inferior Q.

Latitud ‘A’ en la que se forma la rótula ‘P’

Si el huso θ = 0º, el trabajo mínimo se produce con la rótula superior P situada a α = 24º del eje de simetría. Latitud que es prácticamente independiente de las dilataciones en la base de la cúpula. Esta latitud se acerca al polo según aumenta la amplitud del huso: hasta 16º para θ = 45º y 20º para θ = 30º. En los cálculos se ha fijado α en 24º.

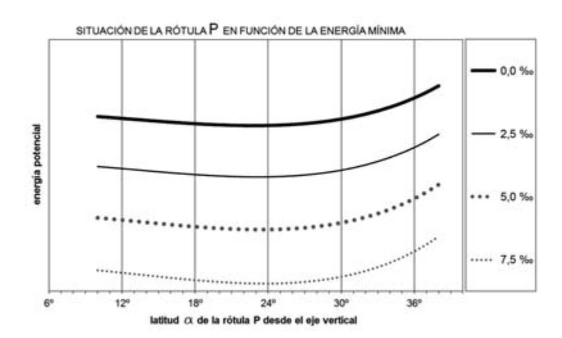


Figura 7

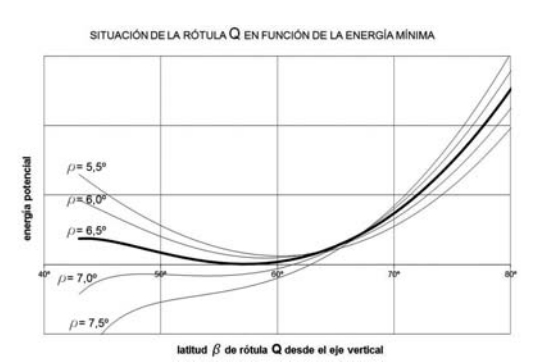


Figura 8

La figura 7 refleja las funciones de energía para θ = 0º con un mínimo en α = 24º para distintos valores de dilatación *δ/Ø* en la base [0,0, 2,5, 5,0 y 7,5‰]. Interesa observar que estas funciones crecen rápidamente si P baja hacia la base y muy poco si P sube hacia la coronación.

LATITUD 'β' EN LA QUE SE FORMA LA RÓTULA 'Q'

Situada la rótula superior en 24º del eje, se ha calculado el balance de energía potencial según varía la situación de la rótula Q. En el caso de huso θ = 0º, su latitud sube hacia la coronación al ir aumentando el giro D de la base: de 68º (*ρ* = 0º) a 58º (*ρ* = 7º) mientras no haya dilatación (δ = 0); lo anterior se ve mínimamente afectado si la dilatación de la base es máxima: 68º (*ρ* = 0º) a 54º (*ρ* = 7º). Y tampoco hay variaciones de interés si el huso es muy grande (θ = 45º) ya que sus valores van de 66º a 57º para δ = 0 y de 65º a 54º para δ máximo. En este trabajo se ha fijado esta rótula β en 60º para todos los casos.

La figura 8 muestra las curvas de energía en el entorno de latitudes *β cuando el giro ρ de la base varía* entre 5,5º y 7,5º para observar, por un lado, que a partir de cierto valor de giro D la función de energía se queda sin mínimo, luego, si gira más, colapsa; y, por otro lado, para apreciar la leve variación de latitud β ya que ese mínimo se produce, para el caso representado, entre unos 62º y 57º. Al igual que el ángulo β, cuya banda de valores (54º-68º) se ha indicado en el párrafo anterior, los valores del giro límite ñ indicados aquí (6,5º-7,0º), no representan un límite único, ya que varía algo para distintos husos, dilataciones o giros.

ANÁLISIS EN TRES DIMENSIONES

La figura 9 muestra, a la izquierda, al arco tridimensional formado por un huso entre grietas meridionales cada *θ = 45º* y, a la derecha, en dos dimensiones



Figura 9

con $\theta \approx 0^o$. En el centro, la sección deformada de ambos, dada por el eje del huso. Como puede observarse, el cálculo en dos dimensiones produce resultados conservadores, ya que su descenso es mayor para un mismo problema.

Podríamos conformarnos con la simplificación habitual a dos dimensiones, por conservadora, pero lo es tan en exceso que, de actuar así, llegaríamos a valoraciones alarmistas y reparaciones innecesarias, como se verá de inmediato. Por otra parte, tiene la misma complejidad desarrollar las funciones de energía potencial para cualquier amplitud θ del huso, o sea, el proceso es el mismos en dos que en tres dimensiones.

La comparación entre el estudio en dos y tres dimensiones se resume en la figura 10 y el gráfico es contundente. Salvo que la cúpula estuviera fuertemente agrietada (*θ = 15º)* el análisis en dos dimensiones supone un inaceptable alejamiento de la realidad.

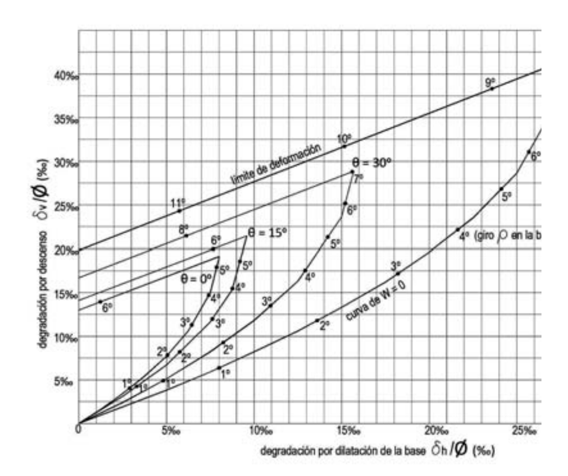


Figura 11

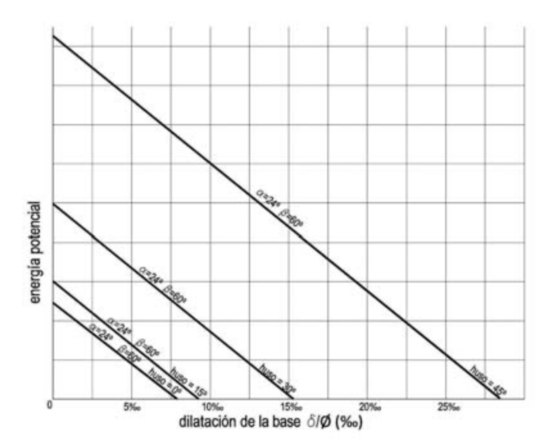


Figura 10

Para completar el análisis en tres dimensiones, el gráfico representado anteriormente en la figura 4 se generaliza aquí, en la figura 11, incluyendo, además de las tres variaciones geométricas citadas, varias amplitudes representativas θ del huso.

Objetivo final

Todo lo anterior va encaminado a dictaminar sobre el patrimonio construido. Las conclusiones que se extraen de este trabajo inciden en tener bajo control la variación de algunas dimensiones que sean pertinentes para conocer la estabilidad de la cúpula, en detectar con ello situaciones de riesgo y en disponer, para terminar, algunas líneas de intervención que resulten eficaces o, al menos, no contraproducentes.

La variación de la geometría de la cúpula se obtiene midiendo en distintas fechas, a poder ser anuales, para evitar ruidos higrométricos estacionales (que no son pequeños). Para esta variación se instrumenta el descenso del casquete (δver) el aumento del diámetro en la base (δhor) y la variación del ángulo en el arranque (ρ).

Más problemático es conocer los movimientos desde el origen. Para ello, la dilatación de la base puede medirse sumando los espesores de las grietas meridionales y, la variación del ángulo en el arranque, con las variaciones del diámetro de la base y el de una latitud cercana a la rótula β y debajo de ella, para que sólo se lean movimientos de la zona inferior de la cúpula. Cuanto más cerca de esta rótula, mayor movimiento y más precisión. Complementariamente, se puede comparar con una supuesta geometría original en aquel tipo de obras en el que esta aproximación pueda resultar fiable.

Mucho más importante que las grietas aumenten de anchura lo es que aumenten de número, ya que la amplitud del huso disminuye (véase las figuras 10 y 11). Por ello, un aspecto muy relevante para controlar el riesgo es conocer el número de roturas meridionales y, concretamente, si ese número aumenta. En

mayor medida, en zonas sísmicas, ya que una cúpula puede no estar en peligro y el aumento de grietas durante un terremoto puede hundirla sin que haya variación dimensional reciente. De modo que en zonas sísmicas sería prudente y económico conocer, de oficio, el número de grietas meridionales de las cúpulas del territorio y volver a contarlas tras cada sismo.

En el capítulo de reparaciones preexistentes a nuestra intervención, o previstas en ella, hay que considerar una cuestión esencial que muestra el modelo, sin necesidad de acudir a la toma de datos de la realidad. Esta cuestión es el aumento de la circunferencia en el entorno de la rótula ρ respecto a su longitud inicial (alargamiento unitario) ya que es muy superior a la deformación de rotura de la forja o de las cadenas, de modo que, si un zuncho es antiguo y no está roto, es muy probable que no haya entrado en carga o que la cúpula no se haya movido significativamente. Lo mismo podría decirse para los zunchos de acero que se planteen en el futuro. De realizar una prótesis con este material, sólo sería eficaz mientras los movimientos nuevos sean pequeños, ya que en adelante dedicaría su mayor rigidez respecto de la fábrica a ir cizallando al material con el que estuviera en contacto. Sin entrar en otras consecuencias, derivadas de la diferencia de inercias térmicas.

Finalmente, una buena forma de afrontar la reparación es aumentar el grosor de las zona o zonas inferiores para impedir o limitar la dilatación inferior y el giro de la base, ya que aumenta el peso de los elementos cuya energía potencial aumenta con el movimiento. Ello, en el caso en que fuera posible, pues en una obra exterior de sillería no es planteable un recrecido, obviamente. Pero en una cúpula tabicada de ladrillo en el interior de un cimborrio, el recrecer el trasdós con una o dos capas de ladrillo a panderete y yeso, armado con malla de un material elástico y muy deformable, aumenta la estabilidad enormemente.

Los hornos de cal periódicos en la comunidad de Madrid:estudio tipológico y nuevas ubicaciones

María del Mar Barbero Barrera
Javier de Cárdenas y Chávarri
Luis Maldonado Ramos

La cal ha sido uno de los materiales más utilizados en la construcción hasta bien entrado el siglo XX. Su importancia queda patente en los tratados históricos así como en los numerosos ejemplos conservados hasta la actualidad o los restos de épocas anteriores.

No obstante, el proceso de industrialización de los años 50-60 marcó un punto de inflexión en su empleo, en el que el cemento de endurecimiento más rápido y con mayores resistencias mecánicas a corto plazo, junto con su «impermeabilidad» y el proceso de industrialización del país supusieron el olvido de la cal y el abandono de su proceso de fabricación tradicional mantenido durante siglos.

Afortunadamente de aquélla época aún conservamos ejemplos que, por su ubicación, apartados de los entornos urbanos y difícilmente localizables si no se conoce dónde se encuentran, ha permitido que se hayan podido mantener hasta la actualidad. Aunque, también ha supuesto su olvido y la consiguiente pérdida de este Patrimonio Preindustrial así como de dos oficios —el de calero y el de «encañador»— resultado del aprendizaje y perfeccionamiento durante siglos.

En la presente comunicación realizaremos un repaso por algunas de las bases de la fabricación de la cal haciendo hincapié en el funcionamiento de las caleras y mostrando ejemplos de varios situados en el sureste de Madrid.

Introducción

> Entre los materiales que se emplean en la construcción de las obras de albañilería, ocupan las cales un lugar muy importante (Espinosa 1859).

La cal ha sido un material ampliamente utilizado en la construcción, sin embargo, la mayor resistencia y rapidez de fraguado del cemento provocaron su caída en desuso (Barbero et al 2010) hasta tal punto que, hoy en día, tan sólo el 18% de la producción española de cales se destina a la construcción (ANCADE 2009). Y ello, a pesar de la recuperación progresiva observada en las últimas décadas gracias a las recomendaciones internacionales sobre su empleo en restauración y rehabilitación de inmuebles, por su compatibilidad con los soportes antiguos, así como su carácter ecológico derivado de su ciclo de vida cerrado.

De forma general, conocemos por cal el material resultante de la calcinación de las piedras calizas cuyo principal componente es el carbonato cálcico, según la reacción:

$$CaCO_3 + calor \rightarrow CaO + CO_2$$

Que, al ponerla en contacto con el agua, se hidrata dando lugar al hidróxido cálcico o cal apagada, siendo ésta la forma común de comercialización que, en función de la técnica de apagado elegida, puede presentarse en forma de pasta o de polvo. Así, el término «cal» se emplea tanto para designar al óxido cál-

cico resultante de la calcinación como al hidróxido cálcico o cal apagada.

$$CaO + H_2O \rightarrow Calor + Ca(OH)_2$$

Una vez hidratada se inicia una reacción con el dióxido de carbono del ambiente conocida como carbonatación que culmina con la recristalización del carbonato cálcico y el cierre del ciclo de vida que comentábamos con anterioridad, según la reacción:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

De esta forma, el dióxido de carbono que inicialmente se emitió para la calcinación de la piedra caliza, es después absorbido para formar el carbonato cálcico. De estos tres procesos, en la presente comunicación nos centraremos en el primero, esto es, en el proceso de calcinación y, concretamente, en los hornos de cal.

CONDICIONANTES

Entre los condicionantes que marcan la ubicación de los hornos de cal podemos distinguir dos: la disponibilidad de material calizo, pues el material sin calcinar pesa hasta tres veces más que un material calcinado por lo que era preferible calcinar la caliza cerca del lugar de extracción y transportarla una vez que estuviera calcinada; mientras que, el segundo es la existencia de combustible.

Canteras

> Adviertase lo primero los conciertos, ò precios que haze de la cal, mirando bien de que genero de cal se haze el concierto, poque concertando de la buena no den después de la mala . . . porque va mucho à dezir del precio de la buena cal al de la mala (Rojas 1598).

De las palabras de Rojas (Rojas 1598) se extrae la importancia otorgada a la elección de la cal. En este sentido, el primer paso es la elección de la cantera. La forma de extracción puede ser a cielo abierto (Rieger 1763; Campos 2003) o en galerías, pudiéndolas obtener también mediante su recolección en el campo (Brizguz y Bru 1738; Rieger 1763) o en los ríos (Campos 2003; Brizguz y Bru 1738; Nacente 1890; Pedraza 1990; Torrego 1988; San Nicolás [1639-1664] 1989) e incluso empleando conchas (Espinosa 1859; San Nicolás [1639-1664] 1989; Millington 1848; Pardo 1885), aunque la calidad del material resultante no sea tan buena como la procedente de piedras, según San Nicolás (San Nicolás [1639-1664) 1989).

De éstas, algunos autores señalan su preferencia por las procedentes de los ríos, de las redondas como guijarros (Pedraza 1990), de hecho Palladio señala que la obtenida de los guijarros es tan buena que se emplea para enlucidos «Las piedras que se sacan de los ríos y arroyos, esto es, lo que guijarroso o cuoçolo, hazen cal bonísima, que hazen muy blanca y pulida labor, de donde por la mayor parte se husa en las yntrincaduras de las paredes» (Campos 2003). Mientras otros prefieren las de excavación (Campos 2003; Cataneo & Vignola [1505-1569] 1985). En este caso, se recomienda que las canteras sean húmedas (Battista [1550] 1991; Brizguz y Bru 1738; Campos 2003) y sombrías (Alberti [1550] 1991; Campos 2003). La forma de extracción de las piedras, queda descrita por Ger y Lobez en su tratado de 1898, desde el desbroce del terreno hasta la colocación de cuñas o pólvora para la extracción de la piedra (Ger y Lóbez 1898). A este respecto, Martínez Rossy recoge el testigo de los caleros de la Sierra de Tamames explicando: «Para extraer la piedra de la cantera se comenzaba preparando los barrenos. Se hacía el agujero en la roca con la barrena que es un instrumento de hierro con forma de clavo grande y que era golpeado con una maza. En el hueco se metía pólvora (después se utilizó dinamita), se ponía la mecha, se apretaba el explosivo y se tapaba con el papel y teja machacada y todo salían corriendo a protegerse, avisando del peligro al grito de "¡Barreno ardiendo!"» (Martínez 1987).

Para la obtención de la cal, todos los tratadistas coinciden en señalar la conveniencia del empleo de piedras densas y duras (Fernández [1510] 2001; Sagredo 1549; Battista [1550] 1991; Baptista [1582] 1977; Rojas 1598; San Nicolás [1639-1664] 1989; Jombert 1728; Brizguz y Bru 1738; Ortiz y Sanz 1787; Durant 1819; Fontenay 1858;[1] Nacente 1890; Bails [1796] 1984; Cataneo & Vignola [1505-1539] 1985; Torrego 1988; Renzo 1994; Campos 2003), siendo las blancas las mejor valoradas (Sagredo 1549; San Nicolás [1639-1644] 1989; Brizguz y Bru



Figura 1
Relación cantera-calera. Hornos de cal en el término municipal de Morata de Tajuña

1738; Perrault 1761; Rieger 1763; Ortiz y Sanz 1787; Durant 1819; Nacente 1890; Ger y Lóbez 1898; Bails 1796; Torrego 1988; Alou & Furlan 1989; Adam 1996; Campos 2003)[2] porque, de acuerdo con varios autores (Battista [1550] 1991; Baptista [1582] 1977), encienden más fácilmente que las morenas.

Combustible

Este es el otro condicionante en la ubicación de los hornos de cal, variable según la zona (Fontenay 1858) pudiendo ser leña gruesa o ramas delgadas de árboles (Durant [1819] 1975; Millington 1848; Fontenay 1858; Espinosa 1859; Marcos y Bausá 1879; Pardo 1885; Martínez 1987; Marcos y Bausá 1879), brezo o retama (Fontenay 1858; Marcos y Bausá 1879; Pardo 1885; Martínez 1987; VV.AA. 1998) o jara (Martínez 1987) o zarzales (Adam 1996), aunque también piñas y huesos de frutas (VV.AA. 1998; Adam 1996) que habían de estar secas pues el empleo de material verde retrasaría el encendido y no ardería fácilmente y si no, dejarlas secar durante uno o dos meses (VV.AA. 1998).

También se podía emplear coque, hulla o carbón vegetal (Espinosa 1859; Pardo 1885), turba o carbón de piedra (Fontenay 1858; Marcos y Bausá 1879) o carbón mineral (Durant [1819] 1975; Brizguz y Bru 1738; Bails [1796] 1984; Jombert [1728] 1973), de hecho, algunos autores recomiendan la utilización de este último mejor que la leña porque la calcinación se produce antes y la cal sale más «grasa y jugosa» (Brizguz y Bru 1738). Recomendación y justificación que también son contempladas por Bails recogiendo las indicaciones de Patte al respecto (Bails [1796] 1984) o basándose en la experiencia (Jombert [1728] 1973). No obstante, la utilización de material vegetal o de carbón o hulla varía en función del tipo de horno.

En cuanto al consumo de combustible, como indica Pardo, varía en función de la piedra caliza, del horno (capacidad y tipo), del combustible empleado así como de las condiciones atmosféricas, por lo que, como señala Espinosa: «suelen ser notables las diferencias que resultan, tanto en la cantidad indicada como en la cantidad y calidad de la caliza calcinada» [1]. Como valor medio se puede tomar como referencia 1.66 m^3 de leña de encina (50 m^3 de brezo o retama ó 22m^3 de haces ordinarios) por cada metro cúbico de cal (Fontenay 1858; Pardo 1885) aunque,



Figura 2
Entorno del término municipal de Nuevo Baztán

según Espinosa, el consumo de combustible es algo menor, siendo necesario un volumen de combustible por uno de cal cuando se emplea leña (Espinosa 1859); mientras que si se emplean otros recomienda «algo menos de dos» volúmenes de carbón vegetal por tres de cal; una medida de hulla o coque por cinco de cal; y 1.95 metros de turba por un volumen de cal (Espinosa 1859). Para una hornada se necesitaban «unas ciento treinta cargas de burro (o siete carros)» (Martínez 1987).

Tres ejemplos de hornos de cal ubicados en el sureste de la Comunidad de Madrid

Para el estudio de los hornos de cal se partió del Inventario de Patrimonio Industrial de la Comunidad de Madrid elaborado entre el año 1999 y 2005 (López, Castillo & Candela 2005), en el que se ubican hornos en las localidades de Valdemorillo, Pinilla del Valle, El Boalo-Cerceda y Soto del Real así como en Perales de Tajuña y Morata de Tajuña. A éstas, mediante búsqueda documental (Muñoz & Schnell 2007[3]) y, principalmente, de conversaciones con los habitantes locales, se han añadido hasta la fecha ocho nuevas: Quijorna, San Agustín, Santa maría de la Alameda así como Arganda, Pezuela de las Torres, San Martín de la Vega, Nuevo Baztán y Villar del Olmo (ver Figura 3). A pesar de ello, no se descarta la existencia de nuevas ubicaciones pues, el hecho de que se encuentren en áreas con abundante vegetación y, comúnmente, retiradas de los núcleos urbanos hace dificultosa su observación así como búsqueda y localización si no se hace acompañado de alguien que las conozca. Ésta es, asimismo, la causa de que las investigaciones relativas a los hornos de cal tradicionales sean, en la actualidad, de urgencia con objeto de evitar la pérdida de la memoria histórica y colectiva, esto es, debido a la avanzada edad que presentan aquéllos quienes trabajaron en ellas.

Los tipos de los hornos a los que nos referiremos son de tipo intermitente[4] o periódico, que fueron los más comunes (Arredondo 1969). Éstos, a su vez, pueden subdividirse en: *de gran llama*, cuando el combustible está separado de las piedras a calcinar; y *de pequeña llama* o *por capas*, en el que el combustible se coloca en capas alternadas con la piedra (Espinosa 1859; Ger y Lóbez 1898; Pardo 1885; Arredondo 1969; Ashurst & Ashurst 1989). Todos ellos disponen de tres áreas: chimenea, vientre y hogar. La primera sirve para favorecer el tiro (Pardo 1885) y garantiza la expulsión del dióxido de carbono (Ger y Lóbez 1898). En función de las condiciones pluviométricas puede ser horizontal, más o menos plano, conformado por las piedras infracalcinadas en la cocción anterior (Adam 1996) cuando el clima es seco; mientras que, en las zonas lluviosas, se puede formar un cono truncado de paredes inclinadas 45º y con aberturas laterales o respiraderos que permiten la ventilación del horno pero evitan que el agua de la lluvia penetre en el mismo (Adam 1996). El vientre es la capacidad del horno (Pardo 1885), cuya proporción altura-diámetro es la que garantiza la buena cocción de las piedras (Espinosa 1859; Valdés 1870; Goujard 1975). Finalmente, el hogar, ubicado en la parte inferior, es el espacio en el que se dispone el combustible (Espinosa 1859; Pardo 1885).



Figura 3
Ubicación de hornos de cal, con las nuevas localidades en las que se han encontrado hornos añadidas a las contempladas en el IPICAM

Intermitentes de llama pequeña

Consistente en la disposición de capas alternadas de combustible —carbón vegetal, fragmentos de hulla y

polvo de hulla (Espinosa 1859)— con las de la piedra a calcinar. Tiene la ventaja de que el tiempo requerido de montaje es menor así como el número de personas para llevarlo a cabo, asimismo, no se exige un especializado conocimiento de las técnicas (Martínez 1987). Según Adam, este método no está atestiguado en la antigüedad (Adam 1996) aunque fue común en la calcinación de la cal (Ashurst & Ashurst 1989).

En Morata de Tajuña (Figura 4), se han encontrado restos de lo que podría ser un horno de este tipo, de planta elipsoidal, construido en la pendiente natural del terreno, para que la ubicación del hogar sea más sencilla (Espinosa 1859). Una vez realizado todo el montaje se cubrían con una capa de arcilla para asegurar una calcinación regular y homogénea (Espinosa 1859; Pardo 1885; Ashurst & Ashurst 1989; Maldonado et al 2001) y, en ocasiones, ésta podía estar, a su vez, revestida con piedras de 30-40 cm de grueso (Pardo 1885).

Cuando estuviera preparado, se introduce leña, brezo o ramaje en el canal practicado, que se comunica con el combustible alternado. Se le prende fuego, se cierra el canal y se espera cuatro o cinco días hasta que la calcinación se complete (Pardo 1885). También podía iniciarse la combustión, cuando se hubiera colocado la tercera capa, por si fuera necesario modificar la colocación de horno (Espinosa 1859). En cualquier caso, el sistema se fundamenta en el hecho de que, al prender fuego a la capa inferior, ésta descompone la caliza en contacto con ella inflamando el combustible sobre la misma y propagando la acción del calor (Pardo 1885).



Figura 4
Horno de cal, posiblemente, intermitente de llama pequeña en el término municipal de Morata de Tajuña

Intermitentes de gran llama

La diferencia con los anteriores, de llama corta, estriba en la mayor dimensión de los hornos lo que exige un mayor número de personas así como de un especialista montador, esto es, el «encañador« , de cuyo trabajo dependía el éxito de la hornada.

Dentro de los intermitentes de llama larga se distinguen, a su vez, dos tipos de hornos: los de campaña (Pardo 1885; Fontenay 1858; Millington 1848; Arredondo 1969) y los fijos o comunes (Pardo 1885; Fontenay 1858; Ger y Lóbez 1898). En cualquiera de





Figuras 5 y 6
Vista general y vista del horno de cal ubicado en el término de Nuevo Baztán

los casos, suelen disponerse excavados sobre el terreno aprovechando su pendiente natural para la construcción de tres de las paredes del horno (Millington 1848; Espinosa 1859; Pardo 1885; Ger y Lóbez 1898; Arredondo 1969; Martínez 1987) e incluso para que quede completamente enterrado. La importancia de que los hornos quedaran enterrados se justifica por la protección frente a los vientos (Goujard 1975; VV.AA. 1998; Adam 1996) así como para facilitar las labores de carga y descarga (VV.AA. 1998; Adam 1996).

A este tipo perteneció posiblemente uno de los hornos localizado en Nuevo Baztán del que aún se conserva la excavación, de unos cuatro metros de altura, que aprovecha la pendiente natural del terreno así como un muro de mampostería de piedra irregular que sirve como contención de tierras de otros dos metros y que, posiblemente, estuviera revestido con arcilla (Ger y Lóbez 1898). La planta de la calera, al igual que la anterior es elipsoidal[5] aunque, en este caso, de mayores dimensiones, en concreto de unos ocho metros en su eje mayor y cinco en el menor. Estos hornos solían ser de uso comunal o de particulares a los cuales se le alquilaba (Martínez 1987).

De una época posterior y ligados a la producción de ladrillos sílico-calcáreos del sur de Madrid, —con cuyas fábricas se comunicaba a través de una red ferroviaria que, hoy en día, es una vía verde— en el término municipal de Morata de Tajuña se conservan diversos conjuntos de hornos. El mostrado a continuación está constituido por dos hornos adosados[6] y uno exento de mayores dimensiones. Todos ellos tienen forma cilíndrica (Espinosa 1859; Valdés 1870) y cono truncado de paredes inclinadas.



Figura 7
Detalle del horno de cal ubicado en el término municipal de Nuevo Baztán



Figura 8
Vista general del conjunto de hornos



Figura 9
Acceso al hogar de dos de ellos

Al igual que los anteriores, se aprovecha el desnivel del terreno para la protección de los vientos aunque, a diferencia del de Nuevo Baztán, en este caso, se revisten interiormente por un muro de mampostería tomada con arcilla. En el lado opuesto al de la pendiente se ubica el acceso al hogar, que se cierra con un muro compuesto por dos hojas de mampostería y relleno, de un metro de espesor total. Reparaciones posteriores a la construcción del horno justifican la presencia de áreas con ladrillo refractario en la mitad superior. Asimismo, es posible que, originalmente, la totalidad del horno estuviera revestido con un mortero de arcilla tal y como demuestran los res-

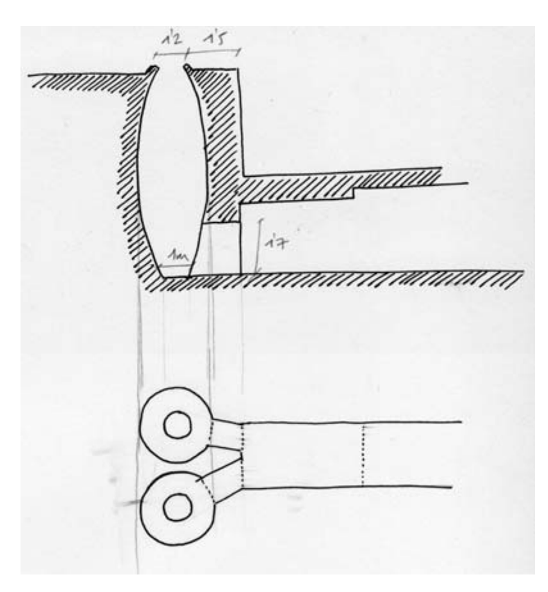


Figura 10
Planta y sección transversal de los hornos adosados



Figura 11
Separación entre el vientre y el paramento exterior

tos de revestimiento observados, en la zona superior, de unos 15-20 centímetros de espesor.

Conclusiones

Los hornos de cal intermitentes se han utilizado, en España, hasta mediados del siglo XX. La falta de interés de este tipo de Patrimonio junto con su caída en



Figura 12
Revestimiento interior de arcilla



Figura 13
Interior de un horno adosado



Figura 14
Boca superior del horno exento

desuso y la industrialización ha provocado su olvido y, con ello, su acelerada degradación, a pesar de su interés como elementos paisajísticos y culturales. Afortunadamente, en los últimos años han surgido iniciativas que pretenden su catalogación y puesta en valor, no obstante, el hecho de que éstas sean limitadas así como la escasa identidad y la dificultosa ubicación ha provocado que aún no hayan sido estudiadas y consideradas como merecen.

Esta comunicación pretende denunciar la importancia del empleo histórico de la cal así como del control de su proceso de fabricación y, ligado a ello, el abandono que están sufriendo los hornos de cal y su acelerada pérdida, aunque se trate de un patrimonio cuyos valores abarcan no sólo el meramente industrial sino también aspectos medioambientales y de valorización del paisaje. En concreto la ubicación de estos elementos de arquitectura preindustrial de la cal en entornos naturales, algunos de ellos de singular belleza, es propicio para plantear soluciones de recuperación ligadas a paseos y rutas por la naturaleza reconociendo estos elementos como parte de nuestro pasado cultural.

Por último, la pérdida de dos oficios —el de calero y el de encañador— supone la pérdida de la sabiduría popular y de una técnica, basada en la experiencia, sobre el armado de los hornos, la ubicación de las distintas piezas a calcinar, el punto óptimo de fuego o las soluciones a adoptar ante la presencia o ausencia de viento, entre otros. Su conservación es esencial desde el punto de vista cultural y como herramienta para la adopción o el diseño de morteros o materiales compatibles con los existentes en edificaciones históricas.

NOTAS

1 O las más compactas, también las sonoras y de color gris azulado producen mejor cal
2 Siendo mejor la piedra blanca que la morena
3 Estos autores añaden a los anteriores, los municipios de Quijorna, Nuevo Baztán y Santa María de la Alameda
4 La diferencia entre los intermitentes o periódicos y los continuos estriba en que, mientras que en los primeros es necesario que el horno se enfríe para poder descargarlo e iniciar una nueva calcinación, esto es, como en los hornos tradicionales; en los otros, la descarga del horno se realiza sin apagarlo, sacándolo por la parte inferior, o lateralmente, mientras que por la parte superior se inicia una nueva carga. Ésta última tiene una doble ventaja: el mayor rendimiento al no ser necesario enfriar el horno y el mayor aprovechamiento energético del calor residual de la hornada anterior (Espinosa 1859; Valdés 1870), mientras que presenta el inconveniente de la necesidad de ubicar una segunda puerta por la que extraer la cal ya calcinada y en la que la entrada de aire frío podría perjudicar la cocción (Espinosa 1859), a pesar de que Fontenay señale que la cocción es mejor porque la piedra se calcine por igual (Fontenay 1858), por ello, hay que situarla de tal forma que, al abrirla, no sufran las piedras superiores que queden por calcinar (Valdés 1870).
5 Espinosa (1859) señala que los de tipo elipsoide y de cono truncado terminado con bóveda esférica «han dado buenos resultados; lo que puede consistir en haber menos pérdida de calor por la parte superior que en los abiertos completamente»
6 Por otra parte, la razón de disponer de hornos adosados era la de obtener mayor rendimiento al aprovechar el calor empleado en la calcinación y aumentar la productividad.
7 Para la traducción Castañeda cotejó diferentes ediciones francesas e italianas de 1747

LISTA DE REFERENCIAS

Adam, J.P. 1996. *La construcción romana: materiales y técnicas.* Edición traducida por Cristina Colinas Carbajo a partir del título original: *La construction romaine, matériaux et techniques* escrita en francés por el autor. León: Editorial de los Oficios.

Alou, F.; Furlan, V. 1989. *Materiaux de Construction. Chapitre II: Liants Mineraux*. Lausanne: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.

Arredondo, F. 1969. *Estudio de materiales. Tomo III. Cales*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

Ashurst, J.; Ashurst, N. 1989. *Mortars, plasters and renders*. Southampton: Gower Technical Press.

Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España 2009, en la página web: www.ancade.com

Bails, B. [1796] 1984. *Elementos de Matemática, Tom. IX, Parte I que trata De la Arquitectura Civil, Segunda Edición corregida por el autor*. Madrid: Imprenta de la Viuda de D. Joaquín Ibarra. Ed. Facsímil de *De la Arquitectura Civil*, Tomo segundo. Valencia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.

Baptista Alberto, L. [1582] 1977. *Los diez libros de Architectura, Madrid: Alonso Gomez*, Edición facsímil dirigida por Luis Cervera Vera. Madrid: Ed. Albatros.

Barbero Barrera, M.M.; Maldonado Ramos, L.; Santos García, A.; Neila González, J.; Van Balen, K. 2010. «The role of lime renders in historic masonries and their properties». En *Actas del 8th International Masonry Conference*. Dresden: Techniche Universitat Dresden.

Battista Alberti, L. [1550] 1991. *De Re Aedificatoria, Florencia, Appresso Lorenzo Torrentino Impressor Ducale*, edición facsímil traducida por Javier Fresnillo Núñez. Madrid: Ediciones Akal.

Brizguz y Bru, A. G. 1738. *Escuela de Arquitectura Civil, en que se contienen los ordenes de Arquitectura, la distribución de los planos de templo y casas, y el conocimiento de lo materiales*. Valencia: Oficina de Joseph de Orga.

Campos Sánchez-Bordona, M. D., ed 2003. *Los cuatro libros de Arquitectura de Andrea Palladio traducidos del italiano al castellano por Juan del Ribero Rada en 1578 guardado en la Biblioteca Nacional de Madrid*. Salamanca: Universidad de León y Junta de Castilla y León.

Cataneo, P.; Barozzi da Vignola, G. [1505-1569] 1985. *Trattati con l'aggiunta degli scritti di architettura di Alvise Cornaro, Francesco Giorgi, Claudio Tolomeo, Giangiorgio Trissino, Giorgio Vasari*, Edición facsímil. Milán: Edizioni Il Polifilo.

Durant, J.N.L. [1819] 1975. *Précis des leçons d'Architecture donnèes a l'École Royale Polytechnique, premier volume, contenant trente-deux planches, Paris, Chez L'Auteur, A l'École Royale Polytechnique, edición facsímil de Unterschneidheim*, Munich : Bayerischen Staatsbibliothek München.

Espinosa, P.C. 1859. *Manual de construcciones de Albañilería*. Madrid: Severiano Baz.

Fernández de Medrano, S. [1510] 2001. *El architecto perfecto en el arte militar, dividio en cinco libros, El Primero contiene, la Fortificacion Regular E irregular à la Moderna. El II. la Especulacion sobre cada una de sus Partes. El III. la Fabrica de Quarteles, Almacenes à prueva de Bomba, y de toda suerte de Murallas tanto en Tierra firme como en el Agua. El IV. la Defensa y Attaque de una Plaza segun el nuevo Modo de Guerrear. El V. la Geometria, Trigonometria, Calculos, Regia de Proporcion, &c. Que saca à luz debaxo de la proteccion del EXmo. Señor Duque de Medinaceli, Brusselas, En Casa de Lamberto Marchant, Mercader de Libros al Buen Pastor*. Edición facsímil. Valladolid: Editorial Maxtor.

Fontenay, M. de 1858. *Novísimo manual práctico de las construcciones rústicas ó guía para los habitantes del campo y los operarios en las construcciones rurales. Obra coronada por la Real Sociedad Central de Agricultura de Francia é ilustrada con un gran número de figuras. Texto y 1 lámina*. Madrid: Calleja, López y Rivadeneyra Editores.

Ger y Lóbez, F. 1898. *Tratado de Construcción Civil por Florencio Ger y Lóbez. Texto y Atlas de 68 láminas con 2.079 figuras*. Badajoz: Est. Tip. La Minerva Extremeña.

Goujard, R. 1975. *Caton, De L'Agriculture*. Paris : Société d'édition.

Jombert, C. A. [1728] 1973. *Architecture modern ou l'art de bien bâtir pour toutes sortes de personnes tant pour les maisons des particuliers que pour les palais. Contenant cinq traites. Io. De la Construction & de l'employ des Materiaux. 2o. De la Distribution de toutes fortes de Places. 3o. De la manière de faire les Devis. 4o. Du Toisé des Bâtimens selon la Coûtume de Paris. 5o. Des Us & Coûtumes concernant les Bâtimens & raports des Jurez Experts, Paris*, edición reimpresa, tomos I y II. Génova: Minkoff Reprint.

López García, M.; Castillo, J.J.; Candela, P. 2005. *Inventario del Patrimonio Industrial de la Comunidad de Madrid (IPICAM, 1999-2005).* Madrid: Dirección General del Patrimonio Histórico.

Maldonado Ramos, L.; Castilla Pascual, F.; Vela Cossío, F.; Rivera Gámez, D. 2001. «Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida». *Informes de la Construcción* 473: 27-37.

Marcos y Bausá, R. 1879. *Manual del Albañil*. Tercera edición. Madrid: Dirección y Administración.

Martínez Rossy, I. et al 1987. *Caleros y canteros*. Salamanca. Ed. Diputación de Salamanca.

Millington, J. 1848. *Elementos de arquitectura, escritos en inglés por John Millington. Traducidos al castellano y aumentados con notas y apéndices por el mariscal de campo D. Mariano Carrillo de Albornoz, Director Subinspector del arma de Ingenieros en la Isla de Cuba. Tomo I. Texto y 10 láminas*. Madrid: Imprenta Nacional.

Nacente, F. 1890. *El constructor moderno, Tratado Teórico y Práctico de Arquitectura y Albañilería. Texto y 244 láminas*. Barcelona: Ignacio Monrós y Compañía.

Ortiz y Sanz, J. 1787. *Los diez libros de Archîtectura de M. Vitruvio Polión, traducidos del latin y comentados*. Madrid: Imprenta Real.

Pardo, M. 1885. *Materiales de Construcción, por D. Manuel Pardo, ingeniero jefe de caminos, canales y puertos y profesor de la escuela. Texto y Atlas de 28 láminas*. Madrid: Imprenta y fundición de Manuel Tello.

Pedraza, P. ed. 1990. *Tratado de Arquitectura de Antonio Averlino «Filarete»* . Vitoria: Instituto de Estudios Iconográficos EPHIALTE del Ayuntamiento de Vitoria-Gazteiz.

Perrault, C. 1761. *Compendio de los Diez Libros de Arquitectura de Vitruvio. Escrito en francés por Claudio Perrault. Traducido al castellano por Don Joseph Castañeda*[7]. Madrid: Imprenta de D. Gabriel Ramírez.

Renzo Presenti, F. 1994. Fresco. En *Las técnicas artísticas*, coordinado por C. Maltese, 285-296. Madrid: Ediciones Cátedra.

Rieger, C. 1763. *Elementos de Toda la Architectura Civil, con las más singulares observaciones de los modernos, impressos en latín por el P. Christiano Rieger, los cuales aumentados por el mismo, da traducidos al castellano por el P. Miguel Benavente*. Madrid: Joachin Ibarra.

Rojas, C. 1598. *Teorica y Practica de Fortificación, conforme a las medidas y desensas destos tiempos, repartida en tres partes*» , Madrid: Luis Sanchez.

Sagredo, D. de 1549. *Medidas del Romano o Vitruvio nuevamente impresas y añadidas muchas piezas y figuras muy necesarias a los oficiales que quieren seguir las formaciones de las Basas, Columnas, Capiteles y otras piezas de los edificios antiguos*. Toledo: Casa de Iván de Ayala.

San Nicolás, F. L. [1639 y 1664] 1989: *Arte y uso de architectura. E*dición facsímil dirigida por Luis Cervera Vera, 1. Madrid: Ed. Albatros.

Torrego, M.E. 1988. *Textos de Historia del Arte de Plinio el Viejo*. Madrid: Visor.

Valdés, N. 1870. *Manual del Ingeniero y Arquitecto. Resumen de la mayor parte de los conocimeintos elementales y de aplicación en las profesiones del ingeniero y arquitecto: comprendiendo multitud de tablas, fórmulas y datos prácticos para toda clase de construcciones, y por separado un atlas de 133 láminas, por el coronel retirado de ingenieros D. Nicolás Valdés, miembro corresponsal de la Academia de Ciencias de Madrid, etc., etc. Texto y Atlas de 133 láminas.* Segunda edición. Madrid: Imprenta de Gabriel Alambra.

VV.AA. 1998. *Guía práctica de la cal y el estuco*. León: Editorial de los Oficios.

Estudio de una discontinuidad geométrica y temporal en San Francisco de Betanzos (A Coruña): los «culs-de-lampe» de los arcos fajones del crucero

Manuel Marcelino Bello Alonso

Diseño, geometría, orden, razón, construcción, contribuyen a lo largo de la Historia a la elaboración de la forma arquitectónica. Pero es quizá, de entre todos los períodos, en la arquitectura gótica donde la relación entre geometría y función estructural haya sido llevada hasta sus últimas consecuencias. El carácter anagógico implícito a esta arquitectura, de elevación y enajenamiento del alma en la contemplación de las cosas divinas, hace también al visitante de estos espacios experimentar la sensación de recorrer la senda trazada por sus constructores para llevar a cabo su realización. A través de sus formas, los edificios góticos muestran los caminos recorridos por cargas y empujes a lo largo de sus estructuras, incluso los construidos en lugares como Galicia donde el estilo no alcanzó su mayor nivel de refinamiento al encontrarse lastrado por una fuerte tradición románica.

La presencia, por tanto, de una incoherencia formal detectada en uno de estos edificios, la iglesia conventual de San Francisco de Betanzos (s. XIV), constituye un motivo suficiente para indagar acerca de la interrelación de todos estos conceptos. La reflexión realizada en el presente estudio se centra en el análisis de un detalle concreto de esta iglesia: el apoyo descentrado de los arcos fajones de los brazos del crucero sobre los arcos de ingreso a las capillas laterales de la cabecera.

El edificio: concepto y composición

Considerada por los más prestigiosos historiadores del Arte español como el mejor ejemplo del gótico mendicante franciscano (Soraluce 1997, 34), San Francisco de Betanzos fue mandada construir por don Fernán Pérez de Andrade *O Boo*, en 1387, en previsión de su futuro panteón familiar. Dicha circunstancia la convirtió en la opción preferente para los enterramientos de la nobleza brigantina (Caamaño 1962, 134), lo que hace que esta iglesia quede plenamente integrada dentro del tipo de «templo conventual para uso fundamentalmente funerario» de la nobleza local. (Soraluce 1986, 13).

Morfológicamente se trata de un tipo edificatorio caracterizado por poseer «planta de cruz latina, con una nave, otra de crucero, con cubiertas de madera y cabecera compuesta por tres ábsides poligonales, el

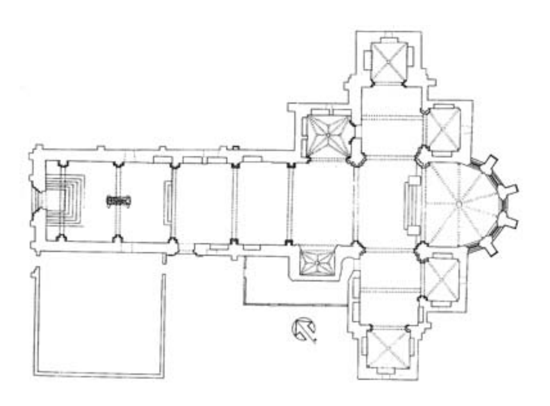


Figura 1
Planta de San Francisco de Betanzos. (Soraluce 1997, 33)

central destacado, todos con bóvedas de crucería, las únicas utilizadas en la iglesia» (Valle 1996, 53), pero, exceptuando las capillas de los extremos de los brazos del crucero y las adosadas a la nave —consideradas unas y otras al margen de la traza original (Lampérez [1908] 1930, 463; Castillo 1918, 39; Soraluce 1997, 32)— San Francisco de Betanzos se diferencia constructivamente de la definición anteriormente expuesta en la utilización de bóveda de cañón en lugar de madera para cubrir los brazos del crucero. Chueca Goitia (1965, 368) señala esta solución como «arcaica», posiblemente viendo en ella un retorno a las formas románicas, tan apegadas entonces a la tradición arquitectónica gallega, para la que «la llegada del nuevo estilo [el Gótico] a Galicia con distintas concepciones, sobre todo espaciales y estructurales en la arquitectura, supuso un cambio brusco para el mundo de la cantería, aferrado a una tradición de 200 años e impenetrable a nuevas formas foráneas.» (Soraluce 1986, 7). Aunque en el aspecto puramente tecnológico quizá sea «más acertado pensar en una insuficiencia técnica para utilizar el granito con la soltura y estilización que los nuevos elementos arquitectónicos requerían» (Soraluce 1986, 9).

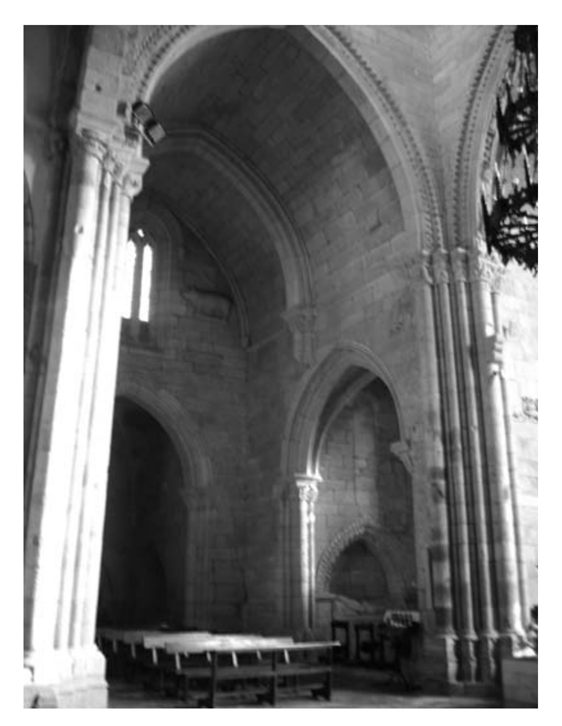


Figura 2
Brazo norte del crucero

Las bóvedas de cañón que cubren los brazos del crucero en San Francisco de Betanzos son de directriz apuntada y están divididas cada una por un arco fajón, cuyo elemento de apoyo centra el presente análisis.

El elemento: los apoyos de los arcos fajones

Atendiendo a la pormenorizada descripción que Caamaño Martínez (1962, 136) hace del templo, «los brazos del crucero, con bóveda de cañón apuntado, están divididos en dos tramos por sencillos arcos fajones que se apoyan en columnas adosadas de capiteles animados. Estas semicolumnas no llegan al suelo —por el lado oriental lo impedirían las capillas rectangulares de la cabecera —, sino que vuelan sobre lampetas, decoradas con figuras —torsos—, alguna de las cuales adopta la postura de un orante».

En efecto, el apoyo en voladizo de los arcos fajones no se resuelve con una ménsula o can, sino que se trata de pequeñas semicolumnas —su configuración con capitel y corto fuste así lo denota— que son las que realmente vuelan. Ahora bien, conviene hacer una aclaración con respecto a lo que se considera que sería la denominación correcta de sus apoyos. Es posible que Caamaño Martínez haya hecho derivar la forma «lampeta», no recogida por la RAE, del francés «cul-de-lampe». Viollet-Le-Duc ([1856] 1967), define este término —literalmente «fondo de lámpara»— como «todo soporte en voladizo que no presente dos caras paralelas perpendiculares al muro» y explica que se trata de una solución ya usada en tiempos del Imperio Romano para sostener pequeñas columnas empotradas en los paramentos, que perdura durante la Edad Media hasta convertirse en una de las técnicas más empleadas en arquitecturas románicas y góticas para la construcción de semicolumnas adosadas sobre las que se apoyaban los arcos fajones, que forzosamente sobresaldrían del intradós continuo formado por muro y bóveda. Añade además que estas piezas, debido a su posición de remate, se convertían en puntos de atracción visual por lo que se debía cuidar en extremo su realización formal. (Viollet-Le-Duc [1856] 1967, 486-508).

De este modo en San Francisco de Betanzos se admiran hermosos culs-de-lampe con formas de fi-

guras humanas, que reciben a las semicolumnas adosadas sobre las cuales descansan los arcos fajones de los brazos del crucero, permitiendo además interrumpirlas ante la existencia bajo las mismas de los arcos de ingreso de las capillas laterales de la cabecera. Se resuelve así el conflicto originado por la posible interferencia entre dos órdenes constructivos distintos, pero la discontinuidad geométrica resultante de esta operación, con la posición descentrada que adquieren entonces los apoyos descritos con respecto a los arcos de ingreso de las capillas (Figs. 3 y 4), choca a simple vista con el rigor compositivo y estructural que, en conjunto, se observa en todo el edificio.



Figura 3
Apoyo del arco fajón del brazo sur del crucero



Figura 4
Apoyo en el brazo norte

Es entonces cuando surgen las dudas con respecto a qué motivó realmente la aparición de los culs-de-lampe. Es decir, ¿constituyeron éstos, con el crucero ya ejecutado, una solución para apear una columna ya existente ante la necesidad de construir unas nuevas capillas laterales? O, por el contrario, ¿fueron concebidos como un punto de apoyo, al decidir cubrir el crucero con bóveda, a partir del cual construir la nueva semicolumna, existiendo ya la triple cabecera?

Conjeturas sobre las fases de construcción del edificio

No parece, por tanto, que lo que en la actualidad se ve construido en San Francisco de Betanzos responda a una idea inicial del planteamiento del templo. La discontinuidad geométrica anteriormente expuesta parece ser el reflejo de una discontinuidad en el tiempo. El hecho de encontrar interrumpidas la semicolumnas, con su consiguiente descentramiento sobre los arcos de ingreso absidiales, hace plantearse distintas fases o momentos durante la ejecución del edificio. Conviene aclarar que sólo se pueden plantear conjeturas acerca de su construcción basadas en diversas fuentes, puesto que no se ha podido consta-

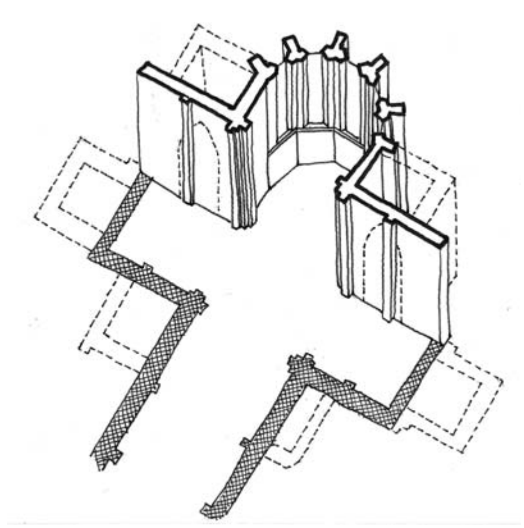


Figura 5
Hipótesis 1. (Dibujo del autor)

tar con seguridad cuál fue el planteamiento inicial de la iglesia al no haber encontrado ningún dato cronológico concreto acerca de sus etapas de ejecución y sus vicisitudes.

Una primera hipótesis (Fig. 5) establecería que, debido a un cambio de idea en el proyecto original, las capillas absidiales se construyeron una vez iniciado el crucero. Se justificaría entonces el empleo de los culs-de-lampe como solución para apear las columnas ya existentes ante la necesidad de abrir nuevos huecos en el muro. Esta teoría se fundamenta en la exposición de Caamaño Martínez (1962, 146) al mencionar que «las capillas rectangulares de la cabecera no entraron quizá en el plan primitivo, pero debieron construirse casi con el templo».

Otra hipótesis (Fig. 6) estaría basada en la propia definición tipológica del templo, según la cual, como ya se ha dicho, es característica la cabecera compuesta por tres ábsides. Se plantearía entonces la posibilidad de que las capillas laterales formaran ya parte del plan inicial y el verdadero cambio de idea en el proyecto apareciese con la posterior construcción del crucero, no por su trazado con mayor longitud que la totalidad de la cabecera —ya que esto constituye un rasgo común a las iglesias mendicantes de cruz latina (Manso 1993, 303)— sino en cuanto a la decisión de que fuese cubierto con bóveda de cañón en lugar de madera. De esta manera los culs-de-lampe serían concebidos como los puntos de apoyo a partir de los cuales se construyesen las semicolumnas, necesarias para sostener los arcos fajones de la bóveda.

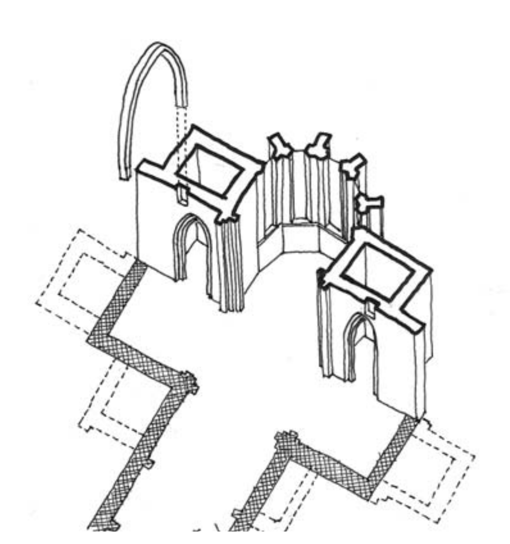


Figura 6
Hipótesis 2. (Dibujo del autor)

Esta segunda hipótesis parece ser la correcta, a juicio del autor del presente trabajo. Se obtiene esta conclusión a partir de la fuente más fiable: el propio edificio. El dato lo proporciona el muro oeste del crucero, en concreto el del brazo norte, donde el arco fajón adopta la misma solución en cul-de-lampe para su apoyo. La columna se ve así interrumpida en su desarrollo vertical, a pesar de poder llegar hasta el suelo sin encontrar obstáculo alguno, lo que supone un indicio de coherencia formal con los otros apoyos de los arcos fajones, dando idea de una resolución de conjunto en la cubrición del crucero (Figs. 7 y 8). Pa-



Figura 7
Arco fajón del brazo norte



Figura 8
Arco fajón del brazo sur

rece lógico pensar, por tanto, que ninguna de estas columnas haya llegado nunca hasta el suelo, no siendo necesarios en ningún momento los culs-de-lampe para su apeo. Éstos en cambio, se habrían concebido desde el inicio junto con las semicolumnas para ser incrustados en los muros ya existentes, formando parte del sistema empleado para la construcción de las bóvedas de cañón.

Se demuestra esta incrustación en los quiebros que presentan los sillares próximos a las columnas, sobre todo en las situadas en los muros del lado de la nave. Los sillares afectados debieron ser entonces labrados nuevamente con una forma adaptada a la nueva incorporación, rompiendo la continuidad de las llagas horizontales del aparejo (Figs. 9 y 10).

Igualmente se puede apreciar la incrustación en los muros del lado de la cabecera, en especial en la arquivolta exterior del arco de ingreso de la capilla absidial del brazo norte (Fig. 11).

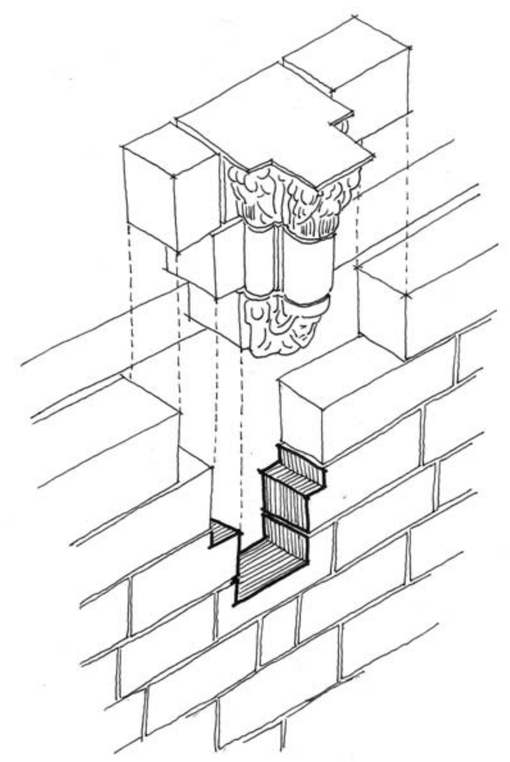


Figura10
Incrustación del cul-de-lampe del muro oeste del brazo norte del crucero. (Dibujo del autor)



Figura 9
Cul-de-lampe del muro oeste del brazo norte del crucero

Se plantea por tanto que la cubrición de los brazos del crucero constituyó por sí misma, un sistema independiente del plan del resto del edificio. Al tomar la decisión de emplear la bóveda de cañón se creyó también necesario ejecutarla sobre arcos fajones, situados con lógica en el punto medio de cada tramo a cubrir. Éstos requirieron a su vez encontrar puntos de apoyo sobresalientes de los muros para iniciar su construcción, lo que trajo consigo la realización de los culs-de-lampe. Pero no pareció importar entonces a los constructores medievales la manera en que este nuevo orden constructivo podría interferir con el ya existente, con la consabida posición descentrada de los apoyos de los arcos fajones con respecto a los arcos de ingreso de los ábsides laterales llegando incluso, como se ha visto, a incrustarlos parcialmente sobre una arquivolta exterior.

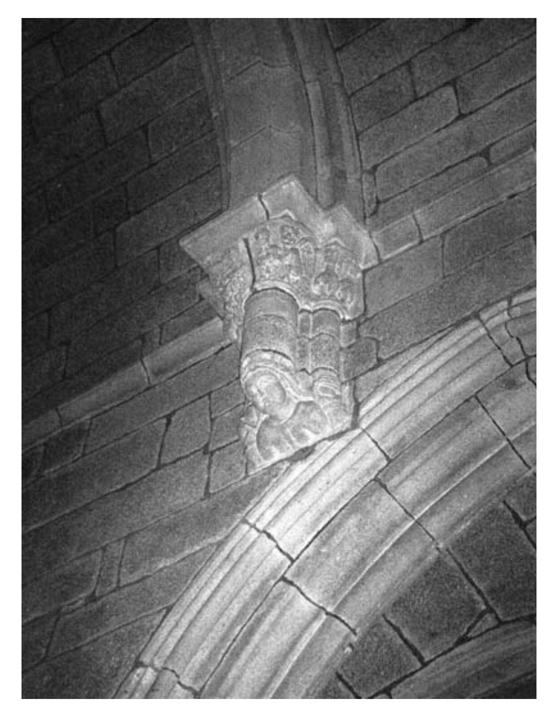


Figura 11
Cul-de-lampe del muro este del brazo norte del crucero

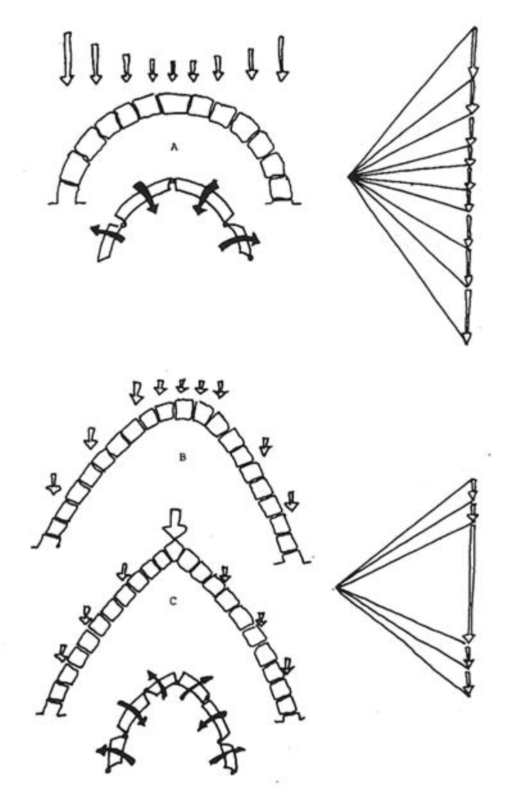


Figura 12
Influencia de la aplicación de las cargas en la forma de resistir (Más-Guindal 1987, 66)

La validez de la solución adoptada

La discontinuidad geométrica originada con este cambio de planteamiento suscita dudas acerca de la idoneidad estructural de la solución adoptada, en vista de que la posición de una carga influye en el comportamiento de un arco dependiendo de la forma que éste adopte (Fig. 12), o en otras palabras, que según sea la forma del arco éste requerirá una determinada manera de ser cargado para garantizar su estabilidad (Más-Guindal 1987, 65). En este caso los arcos de ingreso de las capillas siendo apuntados conseguirían su mejor comportamiento siendo cargados en la clave (Más-Guindal 1987, 65). Pero la realidad construida indica que esto no sucede así, y la supuesta carga puntual recaería descentrada sobre ellos, en contra de lo que sería su funcionamiento óptimo.

Una vez llegado a este punto surge un interrogante. Al adoptar este cambio de geometría, ¿qué seguridad tenían los constructores medievales de que el descentramiento de la supuesta carga transmitida por la semicolumna no produciría el colapso del arco de la capilla? En definitiva, ¿cómo se pudo dar por válida esta solución?

Para hallar la respuesta se debe analizar cómo se produce la transmisión de cargas a través de las semicolumnas. Se procede entonces al despiece del detalle en cuestión, obtenido a partir de la observación del edificio (Fig. 13).

En primer lugar se observa cómo se construyen las semicolumnas adosadas. Se trata de una técnica ya conocida desde la antigüedad, consistente en aparejar sillares labrados con la forma del fuste sobresaliendo del plano de la pared, de manera que «al perder el carácter de soporte aislado se convierten en realidad en simples voladizos del muro del que son solidarios» (Adam [1989] 1996, 125). La formación de estos pe-

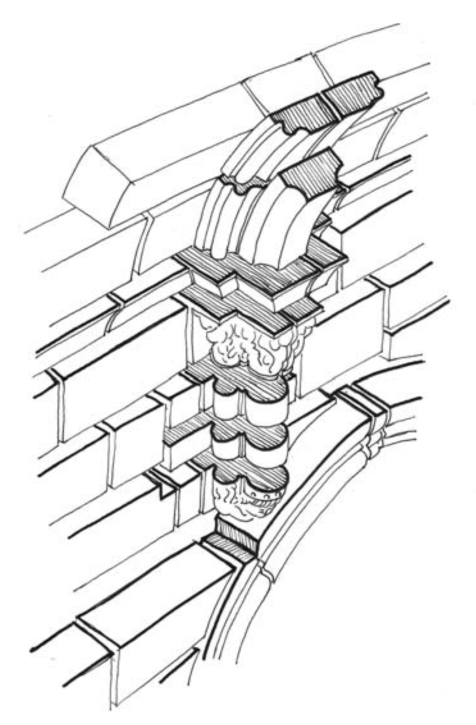


Figura 13
Despiece del cul-de-lampe del muro este del brazo norte del crucero. (Dibujo del autor)

queños voladizos de muro hace cuestionar la propia función portante de la columna, dando idea de que en realidad se podría prescindir de ella, pudiendo ser interrumpida a cualquier altura. Este hecho se puede constatar a través de la visita a las ruinas de otros edificios (Fig. 14), verdadero detalle constructivo *in situ*, donde además de los mencionados voladizos del aparejo, se advierte la presencia de sillares constituyendo piezas independientes del muro, incluida la propia basa de la columna.

En segundo lugar conviene destacar la forma en que se apareja el arco fajón, ya que este aspecto se relaciona directamente con la transmisión de cargas al soporte, llegando a determinar la función portante del mismo, como muestra A. Choisy ([1899] 1974a, [1899] 1974b) en su *Historia de la arquitectura*. En ella, al hablar sobre la evolución del pilar gótico, comienza distinguiendo «dos épocas en el aparejo de las nervaduras: la que precede y la que sigue a la adopción del salmer por lechos horizontales, correspondiendo a cada una de ellas una disposición particular del pie derecho» (Choisy [1899] 1974a, 481). Continúa explicando que este cambio se produjo cuando, tras la experiencia en la sucesiva realización de arcos adovelados sobre columnas, «se observa de pronto que, siendo oblicuo el empuje de la bóveda, la carga que soportan las columnitas es sumamente restringida; por lo que basta, pues, establecer un can C [en la fig. 189] bajo el arranque» (Choisy [1899] 1974a, 481). Ilustra además esta evolución de los soportes con el siguiente esquema (Fig. 15):

Podemos seguir, a través de los diagramas de la fig. 189, esa transformación progresiva del pilar: A, B, C, son las disposiciones anteriores a la adopción de los lechos hori-







Figura 14
Monasterio de Monfero. Detalles de semicolumnas de los restos del siglo XII

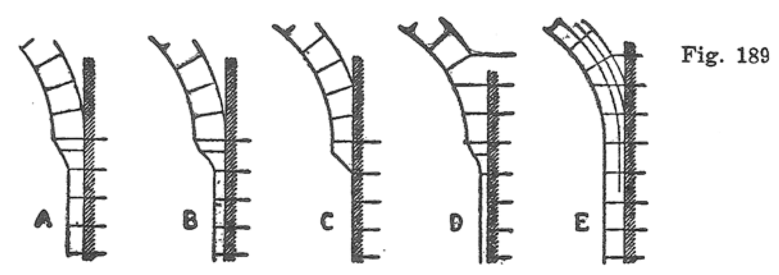


Figura 15
(Choisy [1899] 1974b, 255)

> zontales; D, E, las adoptadas posteriormente. Veamos en A la columnita tratada como soporte; en B, al considerarla inútil para el asiento, se la trata como mero accesorio decorativo; en C, está reemplazada por un can. En D, los lechos horizontales ofician de canes; en E, la nervadura se prolonga sin interposición de capitel, a lo largo del cuerpo del pilar. (Choisy [1899] 1974a, 482).

El arco fajón analizado en el presente trabajo es adovelado desde su arranque, lo cual, unido con todo lo expuesto anteriormente, permite deducir que, en sentido descendente, a partir del capitel la columna no sería necesaria. No conduce, por tanto, ningún esfuerzo procedente del arco fajón puesto que ya estaría disipado al muro desde el capitel. De esta manera el arco de ingreso de la capilla absidial no resulta afectado por ninguna carga descentrada que haga temer su colapso.

Conclusión

La Historia de la Arquitectura se muestra a través de las formas. Se ha visto en este estudio cómo mediante la lectura formal de la resolución de un problema una discontinuidad geométrica puede reflejar una discontinuidad en el tiempo, tanto en la elección de soluciones constructivas propias de períodos anteriores, como en la historia en particular del edificio, desvelando las diferentes fases de ejecución del mismo. Pero la cronología de estas diferentes fases no tiene por qué corresponder con la cronología de los estilos. Soluciones constructivas anacrónicas, como el empleo de la bóveda de cañón con arcos fajones y culs-de-lampe en un edificio gótico del siglo XIV, pueden inducir a errores a la hora de interpretar el orden de ejecución de los elementos. Para poder lograr establecer el orden de las etapas constructivas del edificio hay que descender a escala de detalle, procediendo a despiezar los elementos. La forma de las piezas es lo que realmente revela esta cronología.

También se ha visto en este análisis cómo la correspondencia entre forma y estructura no siempre se puede aplicar. La apariencia formal de la resolución analizada en San Francisco de Betanzos haría caer en el error de interpretar una conducción de esfuerzos muy alejada del verdadero comportamiento estructural del conjunto. De nuevo es la forma de las piezas y la relación entre ellas la herramienta válida para entender este funcionamiento. Un funcionamiento que conocían bien los constructores medievales, que ejecutaron las semicolumnas sobre los arcos de ingreso, incluso alterando piezas de éstos, con la total seguridad de no afectar a la estabilidad del conjunto.

Lista de referencias

Adam, Jean-Pierre. [1989] 1996. *La construcción romana: materiales y técnicas*. León: Los Oficios.

Caamaño Martínez, Jesús María. 1962. *Contribución al estudio del gótico en Galicia*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Castillo López, Ángel del. 1918. «Reseña histórica de los monumentos y obras de arte que existieron y existen en Betanzos». En *Xogos Froraes de Betanzos*. Betanzos: Imprenta de Manuel Villuendas

Choisy, Auguste. [1899] 1974a. *Historia de la arquitectura*. 6ª ed. Buenos Aires: Víctor Leru.

Choisy, Auguste, [1899] 1974b. *Historia de la arquitectura. Parte gráfica*. 6ª ed. Buenos Aires: Víctor Leru.

Chueca Goitia, Fernando.1965. *Historia de la arquitectura española.* Vol. *Edad Antigua-Edad Media*. Madrid: Dossat.

Lampérez y Romea, Vicente. [1908] 1930. *Historia de la arquitectura cristiana española en la Edad Media según el estudio de los elementos y los monumentos.* Vol. 3, 2ª edición. Madrid: Espasa-Calpe.

Manso Porto, Carmen. 1993. *Arquitectura e escultura monumental: séculos XIV e XV*, en Galicia. Arte, Vol. 11, *Arte Medieval (II).* A Coruña: Hércules de Ediciones.

Más-Guindal Lafarga, Antonio José. 1987. *Los modelos estructurales de la antigüedad. Evolución y aportaciones en los métodos y análisis*, en Curso de Mecánica y Tecnología de los Edificios Antiguos. Madrid: COAM.

Soraluce Blond, José Ramón. 1986. *La arquitectura Gótica en Galicia*, en Arquitectura Gótica en Galicia. Los templos: catálogo gráfico. Santiago de Compostela: COAG.-Universidad.

Soraluce Blond, José Ramón. 1997. *Betanzos: seis monumentos no Camiño*, separata de Aulas no Camiño: o Camiño Inglés e as rutas atlánticas de peregrinación a Compostela. A Coruña: Universidad.

Valle Pérez, José Carlos. 1996. *El Arte Gótico*, en Enciclopedia temática de Galicia, Vol. *Arte*. Barcelona: Ediciones Nauta.

Viollet-le-Duc, Eugène-Emmanuel. [1856] 1967. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle.* Paris: F. de Nobele.

Análisis del Sistema de contrarresto de las bóvedas en el Cuerpo de las Naves de la Catedral de Ávila, en las diferentes campañas constructivas: siglos XIII, XIV y XVII

Mª Ángeles Benito Pradillo

La catedral de Ávila será la última de las cuatro catedrales románicas de la Extremadura castellana: la salmantina, la de Ciudad Rodrigo y la desaparecida de Segovia. La orografía urbana de la ciudad amurallada, obligó a levantar una catedral-fortaleza, un verdadero bastión militar. La relación entre la muralla y la catedral se hace especialmente patente en la parte de la cabecera que se denomina Cimorro, se convierte en el cubo mayor del recinto amurallado. Iniciada con unas pautas románicas, el templo será una de las primeras fábricas góticas, existiendo un ajuste de una estructura gótica sobre una planta románica en la zona de la cabecera. El cuerpo naves presenta una estructura plenamente gótica tanto en la nave central como en las naves laterales.

En la presente comunicación se realiza un análisis estructural de la sección transversal de la nave central, en el primer tramo a la altura del coro, en las sucesivas campañas constructivas. El trabajo se apoya en la planimetría existente[1] y en la toma de datos in situ. Se considera pertinente esta investigación ya que, desde el siglo XIX, esta zona ha sido objeto de informes de estabilidad estructural debido al desplome de sus pilares.[2] La esbeltez de la nave mayor respecto de las laterales, la diferencia de sección de los contrafuertes, el empuje de la cabecera y los problemas de cimentación en el lado sur contribuyen a que en la actualidad se observe el siguiente desplome de pilares, como se muestra en la figura 1.

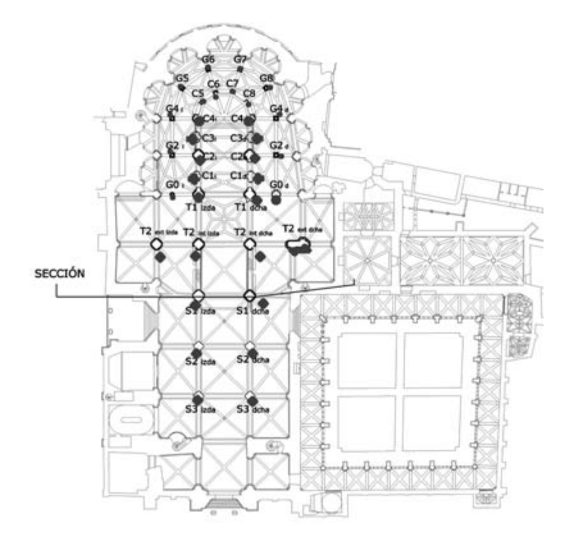


Figura1
Planta en la que se señala la sección que se analiza y se indican el desplome de los pilares de toda la catedral, dibujado aplicando un factor de ampliación de un 10%

Metodología utilizada

La metodología que se ha utilizado en nuestro trabajo es la propia y a la vez conjunta, de un historiador, un arquitecto y un científico. La historia nos es necesaria como fuente primaria para poder encajar el *puzle constructivo* de la catedral. Mirando con ojos de

arquitecto para interpretar los datos encontrados, a la luz de la tecnología constructiva en cada época. Buscamos también el rigor científico en la toma de datos y en la restitución de la geometría y en el análisis estructural.

Se puede resumir en cuatro aspectos: trabajo de archivo, trabajo de campo, restitución gráfica y análisis estructural. En la investigación histórica se han consultado archivos y bibliotecas. Se han estudiado los documentos relativos a la Catedral en *Actas Capitulares*, *Libros de Cuentas*, *Pergaminos*, *Códices*, *Protocolos*, *Libros de Consistorio, Informes* y *Contratos de obras*. De estos documentos se han entresacado lo referente a la cronología de las fases constructivas de la construcción de la Catedral, desde el siglo XI hasta las intervenciones actuales. Como trabajo de campo se consideran las visitas al edificio, destacando las visitas durante intervenciones en curso; mediciones de elementos particulares; lectura y medición de patologías y desplomes; recopilación de planimetría existente y recopilación de iconografía y fotografía histórica sobre la Catedral. Para la restitución gráfica de las secciones que se analizan se ha utilizado tanto planimetría existente como mediciones in situ, dibujándolas mediante programas de CAD. El método utilizado para el análisis de la estabilidad estructural se encuadra dentro del marco teórico del Análisis Límite de Estructuras de Fábrica, desarrollado por el profesor Heyman.

Análisis de estabilidad en las sucesivas campañas constructivas en el primer tramo del cuerpo de las naves

Se presenta a continuación una hipótesis del orden en el proceso de construcción del abovedamiento y sistema de contrarresto para el cuerpo de las naves, estudiando el primer tramo a la altura del coro. Para la elaboración de esta hipótesis se han considerado, como punto de partida, los documentos de archivo que hacen referencia a la construcción en esta zona, encontrados en *Actas Capitulares*, *Códices* y *Protocolos Notariales*, así como las investigaciones precedentes publicadas en bibliografía específica de la Catedral. Se ha tenido en cuenta también los vestigios encontrados en la auscultación del edificio, midiendo deformaciones y grietas. Con todo ello se ha realizado la restitución gráfica de la sección que se analiza posteriormente para verificar la validez de la hipótesis propuesta.

Definición de las hipótesis del orden en el proceso constructivo

Finales del siglo XIII: Cierre de las naves laterales

Después de cerrarse la cabecera de la Catedral hasta el crucero, se erige el perímetro y cierre de las bóvedas laterales, con el pórtico y torres, cuyas capillas ya estaban terminadas a principios del siglo XIII. Gómez Moreno ([1950] 2007, 83) nos habla de un documento, que no ha sido localizado, donde se hace referencia a un enterramiento en la capilla de San Miguel, situada bajo la torre septentrional. Tradicionalmente se ha aceptado la teoría que ofrece una cronología temprana para la parte inferior de esta zona. Sin embargo Rico Camps (2022, 244) apunta la posibilidad de que ese documento no localizado, sea el testamento de D. Esteban Domingo de 1261, existiendo por tanto una modificación en la datación planteando un retraso en la construcción de esta zona de la Catedral hasta la segunda mitad del siglo XIII.[3] También Gómez Moreno habla de un lucillo en la Capilla de San Andrés, la capilla simétrica de la de San Miguel bajo las torres, según el libro de Aniversarios era en 1231. La geometría de la sección para esta hipótesis es la que presenta la figura 2.

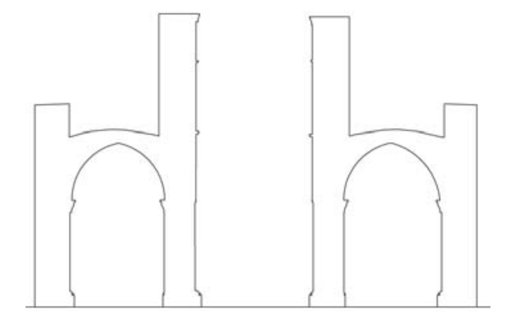
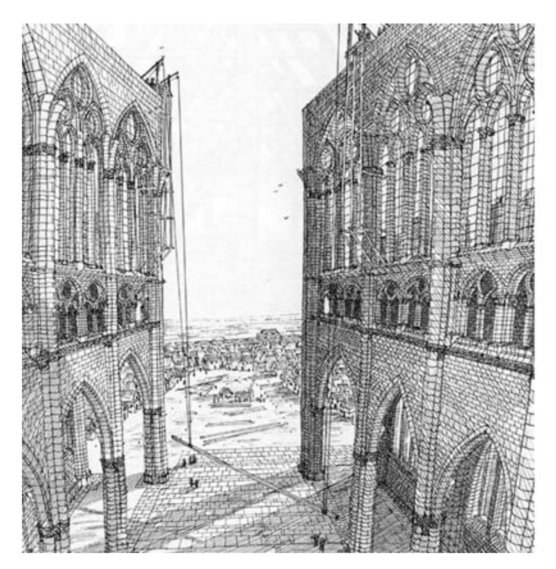


Figura 2
Geometría de la sección transversal por el primer tramo del cuerpo de naves, durante la construcción correspondiente a la situación de finales del siglo XIII



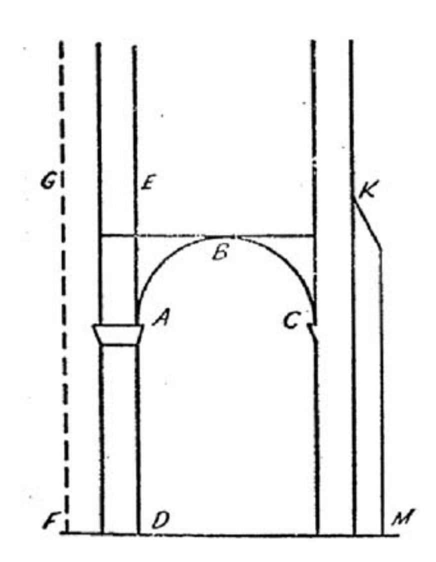


Figura 3
Derecha: La estabilidad de las naves laterales aumenta con el peso de los pilares. Dibujo de Wren (Dorn 1970). Izquierda: Dibujo del proceso constructivo en la zona de la nave central, una vez construidas las laterales (Macaulay 1977)

Se considera que en el último cuarto del siglo XIII, se cubren las naves laterales, pero no la central; esta es la primera etapa de la hipótesis que se propone. Para que esta solución pudiera haber sido estable durante un cuarto de siglo hasta el cierre de la nave central, es necesario que los pilares se construyeran hasta el arranque de la bóveda central. La construcción de los pilares hasta el arranque de la bóveda es una etapa típica en los estudios de historia de la construcción. Según Wren[4] es para la estabilidad de las naves laterales se puede aumentar el peso de los pilares, como lo hacían los constructores góticos, ver figura 3.

Siglo XIV
Cierre de la nave lateral y colocación de sistemas de contrarresto

Estudiando la documentación escrita conservada en los archivos encontramos una referencia del obispo Blasco Sánchez Dávila en 1319, donde se pone de manifiesto el mal estado estructural de la catedral en el primer cuarto del siglo XIV.[5] Será entonces cuando se cierren las naves altas del crucero y la nave central. Según Gutiérrez Robledo y Navascués (2004), el obispo Blasco Sánchez Dávila encontraría los pilares levantados hasta los fajones de la nave central. Estos pilares rematan con unos capiteles acodillados similares a los de la nave inferior, preparados para otro abovedamiento. El proyecto primitivo suponía bóvedas sexpartitas para la nave central que finalmente se resolvió con nervios cuatripartitos, como se puede ver en las ménsulas de apoyo de la figura 4.

En las siguientes figuras se muestra la geometría sección correspondiente a esta segunda etapa de la hipótesis propuesta. Se encuentran tres posibilidades para esta segunda etapa correspondiente al siglo XIV o bien haberse realizado consecutivamente las tres. Primera en la cual aparecen cubiertas con bóvedas, tanto las naves laterales como la nave central, sin ningún tipo de contrarresto, figura 5.

Segunda considerando el contrarresto de una tribuna situada encima de las naves laterales, similar a la que se construyó, y posteriormente fue derribada, en la zona del cimorro. Existen unos vestigios del inicio de esta tribuna en la zona norte como puede apreciar-

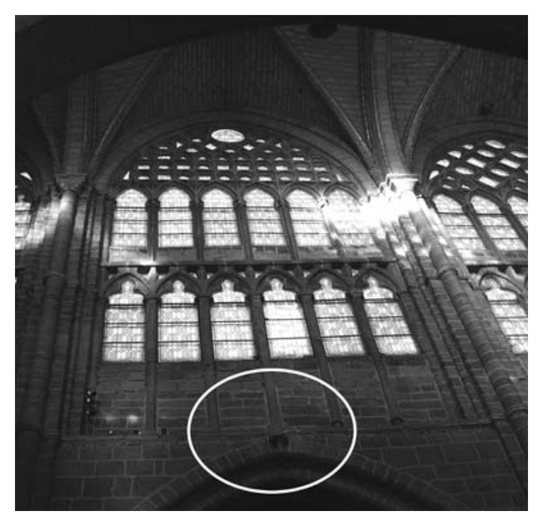


Figura 4
Ménsulas de apoyo para bóveda sexpartita prevista para la nave central y capiteles acodillados sobre los pilares para arranque de la bóveda

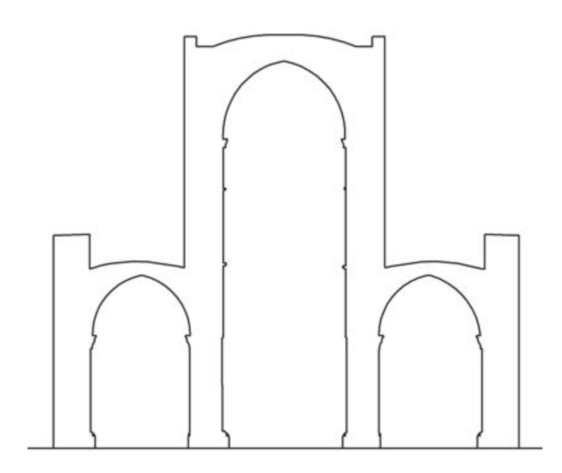


Figura 5
Geometría de la sección transversal por el primer tramo del cuerpo de naves, durante la construcción correspondiente a la situación del siglo XIV, sin tener en cuenta ningún sistema de contrarresto

se en la figura 15, en el último apartado de esta comunicación. Creemos que esta solución no llegó a construirse, pero comprobamos que sería una solución estable, incluso más estable que la situación con estribos y arbotante para los pilares y menos estable para los estribos, en la figura 6 podemos la geometría correspondiente a esta hipótesis.

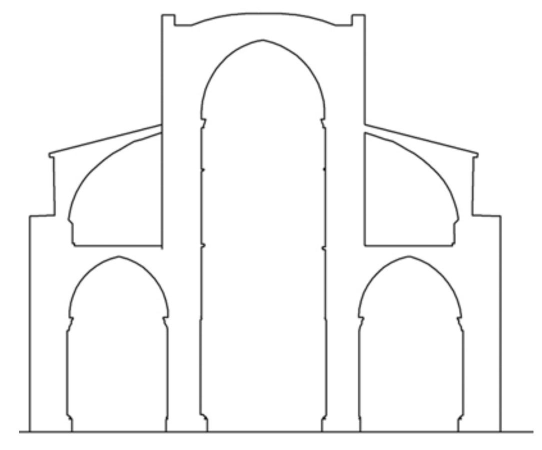


Figura 6
Geometría de la sección transversal por el primer tramo del cuerpo de naves, durante la construcción correspondiente a la situación del siglo XIV, considerando como sistema de contrarresto la tribuna

La tercera posibilidad consiste en la colocación de arbotantes y estribos como sistema de contrarresto, serían los que encontramos actualmente. Desechado el proyecto de la tribuna, la esbelta nave central crece muy por encima de las laterales, para contrarrestar los empujes de la bóveda se van aumentando hacia los pies la sección de los contrafuertes. De ellos arrancan los arbotantes con desigual nivel, inclinación y sección que canalizan los empujes de la nave mayor ayudados por los pesos de los pináculos.

En esta nave mayor se dispuso una ojiva única entre los pilares, en lugar de la doble ventana geminada característica de la cabecera, como se aprecia en la figura 7.

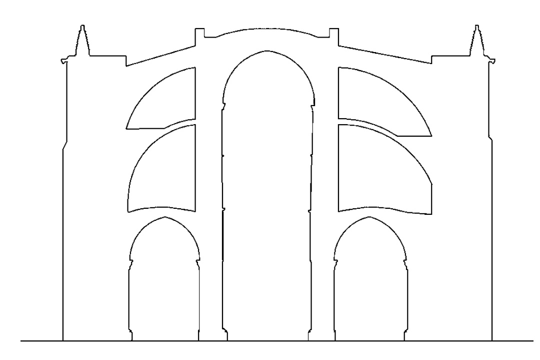


Figura 7
Geometría de la sección transversal por el primer tramo del cuerpo de naves, durante la construcción correspondiente a la situación del siglo XIV, considerando como sistema de contrarresto los estribos y arbotantes

Siglo XVII: Colocación del arco entibo del coro

Por último se considera la solución que actualmente podemos observar, el contrarresto está formado por estribos y arbotantes con un arco entibo en el coro, figura 8, colocado en 1691 según se cita en un Acta Capitular.

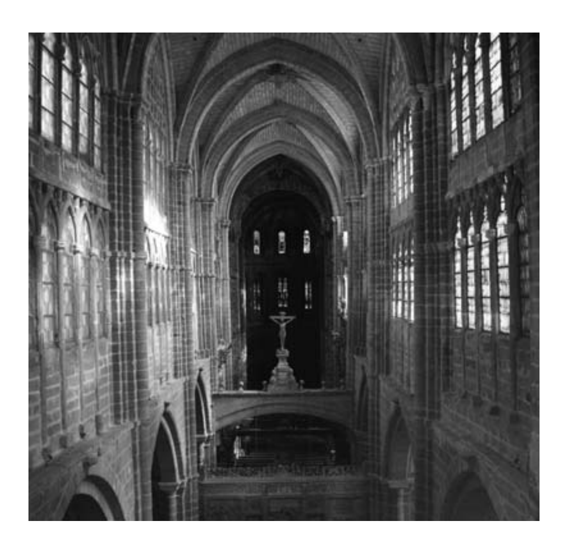


Figura 8
Arco entibo a la altura del coro, correspondiente a la sección por el primer tramo de la nave

Según un Acta Capitular de 1691 se coloca el arco entibo en el coro. Este arco se observa que es necesario para evitar el desplome de los pilares hacia el interior de la nave en la parte inferior. Actualmente se encuentran los pilares hasta la altura de las naves laterales sin desplome y de a partir de esa altura desplomados hacia el exterior. Se considera que eso puede ser debido a la colocación de este arco entibo. En la figura 9 se muestra la geometría resultante tras la colocación de este arco.

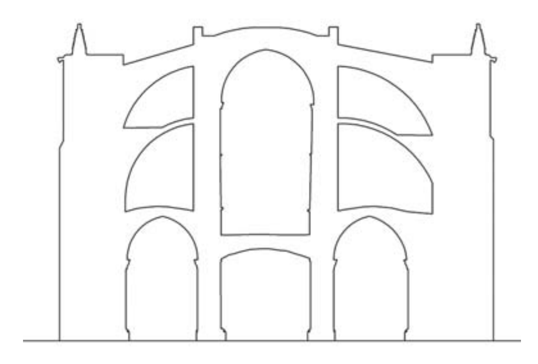


Figura 9
Geometría de la sección transversal por el primer tramo del cuerpo de naves, durante la construcción correspondiente a la situación del siglo XVII, considerando como sistema de contrarresto los estribos y arbotantes y la colocación del arco entibo del coro

Verificación mediante análisis de estabilidad en las diferentes campañas constructivas

Análisis de la situación con el cierre de las naves laterales y construcción de los pilares hasta el arranque de la nave central.

Realizando un análisis de estabilidad para esta situación, como se observa en la figura 10, vemos que es una solución estable ya que la LDE está contenida dentro de la fábrica tanto en los pilares como en los muros. Se aprecia una desviación de la LDE en los pilares hacia la zona interior de la nave; al no existir el empuje de la bóveda central y el contrarresto del arco entibo.

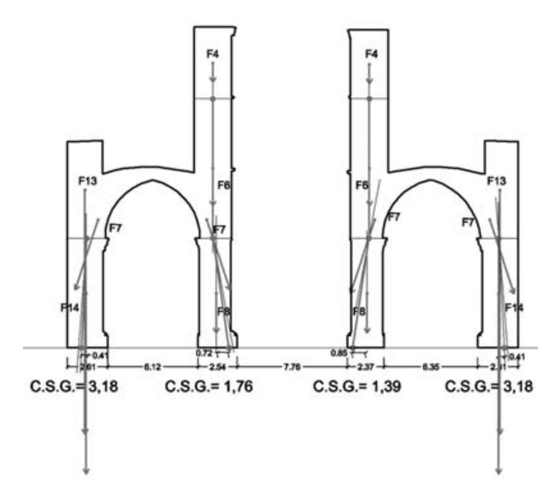


Figura 10
Representación de las fuerzas y LDE en la situación de haberse construido las bóvedas de las naves laterales y los pilares hasta el arranque de la bóveda central, hipótesis correspondiente a finales del s. XIII. Esta solución es estable

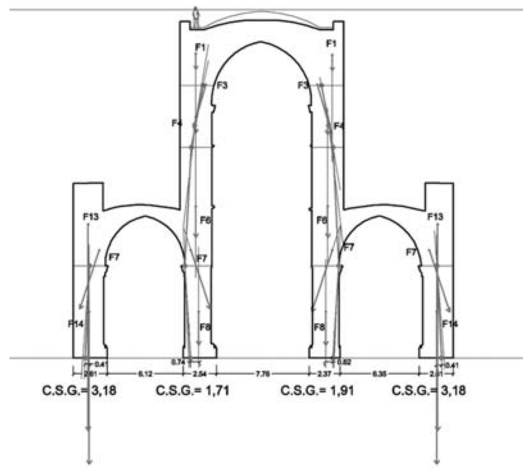


Figura 11
Representación de las fuerzas y LDE en la situación de haberse construido las bóvedas de las naves laterales y de la bóveda central, sin ningún contrarresto. Hipótesis correspondiente al s. XIV; esta solución es estable

Análisis de la situación con el cierre de las naves laterales y la nave central, sin contrarresto de tribuna, ni estribos y arbotantes

Esta hipótesis es la más comprometida desde el punto de vista de la estabilidad. Se considera que si hubiera existido, habría sido por poco tiempo como situación transitoria. De todos modos vemos que esta situación también es estable ya que la LDE está contenida dentro de la sección de la fábrica. Se observan unos puntos críticos a la altura del arranque de las bóvedas de las naves laterales, como consecuencia del empuje de la nave central que no está contrarrestado por encima de las naves laterales, como se observa en la figura 11.

Análisis de la situación con el cierre de las naves laterales y la nave central, considerando el contrarresto de la tribuna

Tanto en esta hipótesis como en las dos anteriores, se considera el peso de la parte proporcional de muro perimetral para centrar la carga. Se observa en la figura 12, como a esta situación corresponde una LDE centrada en la sección tanto en los pilares como en los muros y con un coeficiente de seguridad geométrico elevado en los pilares y dentro del rango típico para estructuras góticas, en los muros.

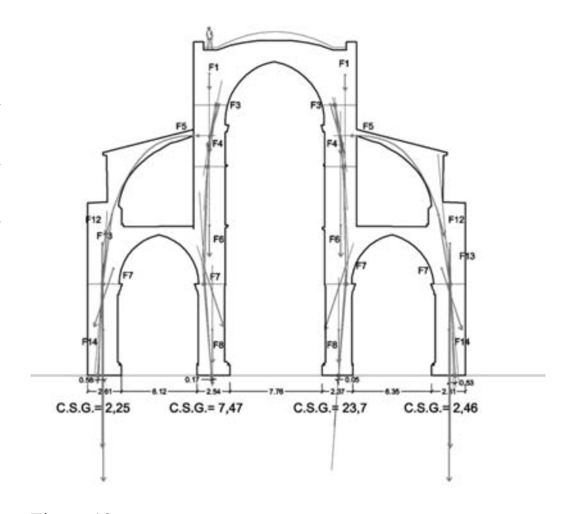


Figura 12
Representación de las fuerzas y LDE en la situación de haberse construido las bóvedas de las naves laterales y de la bóveda central, con el contrarresto de la tribuna. Hipótesis correspondiente al s. XIV; esta solución es estable

Análisis de la situación con el cierre de las naves laterales y la nave central, con el contrarresto de arbotantes y estribos

En esta última hipótesis para el estado en el s. XIV se analiza el sistema de contrarresto formado por los estribos y arbotantes como lo encontramos en la actualidad. Esta solución tiene un menor coeficiente de seguridad geométrico, medido en la base, tanto para los pilares como para los estribos que la situación anterior. Se considera por tanto la necesidad de colocar el arco entibo en el siglo XVII, ya que la LDE pasa se aproxima a la zona interior de los pilares por debajo de la bóveda de la nave lateral, debido al empuje de la misma.

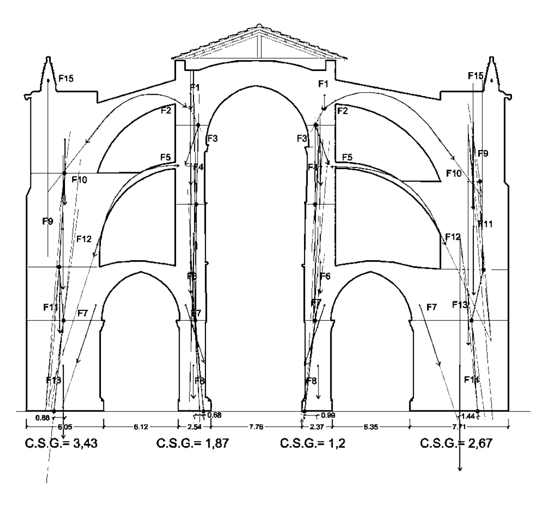


Figura 13
Representación de las fuerzas y LDE en la situación de haberse construido las bóvedas de las naves laterales y de la bóveda central, con el contrarresto de estribos y arbotantes. Hipótesis correspondiente al s. XIV; esta solución es estable

Análisis de la situación con el cierre de las naves laterales y la nave central, con el contrarresto de arbotantes y estribos, considerando la colocación del arco entibo del coro

Este último análisis corresponde a la situación actual, se observa cómo la colocación del arco entibo sirve para central la LDE en los pilares, figura 14. Se ha realizado este análisis considerando el empuje mínimo del arco entibo, por ser esta la situación más desfavorable.

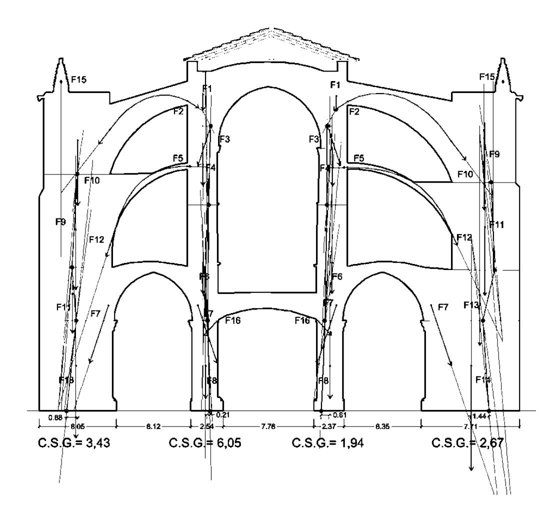


Figura 14
Representación de las fuerzas y LDE en la situación de haberse construido las bóvedas de las naves laterales y de la bóveda central, con el contrarresto de estribos y arbotantes

Discusión y conclusiones

La hipótesis propuesta para el orden del proceso constructivo en la zona del cuerpo de las naves contempla tres etapas para su construcción: siglo XIII, siglo XIV y siglo XVII. Esta hipótesis ha sido planteada teniendo en cuenta datos procedentes de documentación de archivo, de vestigios encontrados en el propio edificio y consultando investigaciones precedentes. Se concluye verificando la estabilidad estructural para cada una de las etapas propuestas lo cual hace plausible la hipótesis.

Después de comprobar la estabilidad estructural para todas las etapas constructivas, se realizan las siguientes conclusiones:

A finales del siglo XIII, se considera que están cerradas las bóvedas de las naves laterales y los pilares construidos hasta la altura de la nave central. De esta forma se equilibra el empuje de las bóvedas laterales con el peso de los pilares de la bóveda central. Para que esta situación pudiera haber existido era necesa-

ria la precaución de no haber descimbrado las naves laterales hasta la construcción de la bóveda central.

Durante el siglo XIV se cierra la nave central y durante un espacio breve de tiempo no existe contrarresto lo que provoca el desplome de los pilares hacia el exterior. La situación del cierre de las naves laterales y la central, sin contrarresto de tribuna o arbotantes y estribos, hemos visto que es estáticamente admisible. Se concluye que esta solución pudo darse, siendo ser la causa del desplome de los pilares en cabeza por el empuje de la bóveda central.

La colocación de la tribuna se considera que no llegó a realizarse por los vestigios encontrados en el alzado correspondiente a la zona norte del primer tramo. Estos arranques de la arquería de comunicación con la nave central no están terminados, lo cual permite extraer la conclusión de que no llegó a construirse, como se muestra en la figura 15..

Sin embargo es la solución más eficiente estructuralmente en los pilares no en los estribos, que la actualmente construida, con arbotantes y estribos. Por ello se puede concluir que la colocación de estribos y arbotantes es debido más que a una necesidad estructural a una decisión de estilo. Se propone como sistema de contrarresto la solución, que actualmente encontramos, mediante estribos y arbotantes. Esta solución presenta un empuje horizontal de las bóvedas laterales en el pilar que desvía su LDE hacia el interior de la nave.

Para corregirlo se coloca el arco entibo del coro a finales del siglo XVII que ayuda a central la carga en la base de los pilares pero no corrige desplomes en los mismos. El desplome de los pilares hacia el interior que se observa a la altura del arco, es un efecto óptico; ya que la medición de los desplomes nos ofrece datos de desplomes en cabeza de los pilares pero no en la parte inferior. Por lo que la colocación de este arco mejora la situación estructural centrando la carga pero no disminuye las deformaciones ya producidas en la parte superior de los pilares.




Figura 15
Vista del arranque de los arcos laterales del proyectado triforio, para la conexión con la nave central

Notas

1 Levantamiento realizada por Pedro Feduchi Canosa, perteneciente al *Plan Especial de la Catedral de Ávila* y depositado en el Archivo de la Dirección General de Patrimonio y Bienes Culturales de la Junta de Castilla y León, año 1997.

2 En 1890 Enrique Repullés y Vargas realiza un *Proyecto de Restauración de la Nave y Fachada Norte de la Basílica de Ávila*. Este proyecto no lo hemos localizado en los archivos, pero sí el informe que emite la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Álvarez Capra, Lorenzo; Proyecto de Restauración de la Nave y Fachada Norte de la Basílica de Ávila B.A.S.F., Madrid 1890 Real Academia de Bellas Artes, Tomo X, nº 95, mayo p.146-153.

3 A- AHN. Sección Clero. Pergamino. Carp. 20 nº 11. Recogido en Barrios García, Ángel. 2004. *Documentos de la Catedral de Ávila (Siglos XII-XIII)*. Ávila: Institución Gran Duque de Alba, p.183.

4 C. Wren, ed. *Parentalia: or, Memoirs of the Family of the Wrens.* Londres: T. Osborn y R. Dodsley, 1750, según H. I. Dorn. "The dome of St. Paul´s: "The hands of a skillful artist have bended it"." *The Art of Building and the Science of Mechanics: A Study of the Union of Theory and Practice in the Early of Structural Analysis*, Ph.D. diss. Princeton University, 1970, p. 110.

5 «la catedral de Sant Salvador de Ávila, nuestra madre, estaba en gran peligro assi que si no fuesse acorrida mucho ayna estava en tiempo de se perecer». Archivo Histórico Nacional 1319, Sección Clero, Pergaminos, Carp. nº 27 nº 5.

Lista de referencias

Albardonero Freire, Antonio J. 2001. «Fuentes escritas para el conocimiento de la construcción medieval». En *La técnica de la arquitectura medieval* 1: 15-35 Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla.

Barrios García, Ángel. 1973. *La Catedral de Ávila en la Edad Media: Estructura socio-jurídica y económica*. Ávila: Caja Central de Ahorros y Préstamos de Ávila.
Barrios García, Ángel. 1981. *Documentación Medieval de la Catedral de Ávila*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
Carrero Santamaría, Eduardo. «Las oficinas capitulares de la Catedral de Ávila». *Cuadernos Abulenses* 28: 134-138. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.
Fitchen, J. 1961. *The construction of gothic catedrals. A study of medieval vault erection*. Oxford:University of Chicago Press
Gómez Moreno, Manuel. 3 ed 2007. *Catálogo monumental de Ávila,* Tomo 1. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.
González, Nicolás. 1981. *La catedral de Ávila*. Ávila: Everest.
Graciani, Amparo. 2001. «Los equipos de obra y los medios auxiliares en la Edad Media». En *La técnica de la Arquitectura Medieval*. 1: 175-209. Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla.
Gutiérrez Robledo, José Luis. 1996. «La Catedral de Ávila». *Sacras Mole: Catedrales de Castilla y León. Aquellas Blancas*. 2: 15-23. Valladolid: Colegio de Arquitectos de Castilla y León.
Heras Hernández, Félix. 1981. *La catedral de Ávila y museo catedralicio*. Ávila: Gráfica C. Martín.
Heyman, Jacques. 1995. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
Heyman, Jacques. 2001. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.
Heyman, Jacques. 2001. *La ciencia de las estructuras.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.
Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Arcos, Bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
Navascués Palacios, Pedro; Gutiérrez Robledo, José Luís. 2004. «La catedral de Ávila. Proceso constructivo». En *Las Edades del Hombre. Testigos: Santa Apostólica Iglesia Catedral* Las Edades del Hombre. Valladolid: Fundación las Edades del Hombre.
Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la esteorotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.
Rico Camps, Daniel. 2002. *San Vicente de Ávila en el siglo XII estructuras, imágenes, funciones*. Ávila: Institución Gran Duque de Alba. Institución Gran Duque de Alba.
Rodríguez Almeida, Emilio; 1975. *Ensayo sobre la evolución arquitectónica de la Catedral de Ávila*. Ávila: Caja Central de Ahorros y Préstamos de Ávila.
Ruiz Ayúcar, Mª Jesús. 1999. «Los obispos y el arte». *Cuadernos Abulenses* 28: 97-126. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Proceso constructivo de la nueva basílica de Arantzazu

Juan Biain Ugarte
Eduardo Ozcoidi Echarren
Miguel A. Alonso del Val

El Santuario de Arantzazu, ubicado en Oñati, provincia de Gipuzkoa, es un lugar mariano que tiene como origen la aparición de la Virgen de Arantzazu en el año 1469. Ubicado en un paisaje de topografía privilegiada, pero de difícil acceso, la basílica actual es el último capítulo de una larga sucesión de construcciones, incendios devastadores y sucesivas reconstrucciones que han acaecido durante cinco siglos.

El incendio provocado en 1834, tercero de su historia, no dejó en el lugar más que las trazas de las antiguas edificaciones sobre las que se reconstruyó, en 1846, una humilde y modesta iglesia, que resultó pequeña para los miles de peregrinos que acudían en peregrinación a Arantzazu.



Figura 1
Vista exterior de Arantzazu en 1929 (Archivo del Santuario de Arantzazu)

En 1920, en plena euforia por la importancia y significado crecientes del santuario, se emprende la ampliación de la iglesia con un proyecto de ábside y girola adosados a la iglesia existente por el lado del barranco, de estilo neorrománico, redactado por el arquitecto Francisco Martos Alonso; pero las obras tuvieron que ser paralizadas en 1929 por falta de financiación. La base del ábside ejecutada se convertirá, a la postre, en el soporte del presbiterio de la basílica actual.

En 1935 se ejecutó la ampliación y reforma del convento de los franciscanos elevando dos plantas a todo el conjunto, según proyecto redactado por el arquitecto Damián Lizaur, que más tarde será codirector de obra de la Basílica actual.

En los años 40 son muchos los intentos por reanudar la obra inacaba del ábside. Así, en 1942 se forma una Junta Provincial de Gipuzkoa encargada de reanudar e incentivar las obras de ampliación y mejora del Santuario. Pese a los innumerables intentos de la Junta, la aportación económica de la Diputación y de procurar atenerse a un proyecto más modesto, las obras siguieron paralizadas.

Un concurso abierto

El nombramiento de Pablo Lete como provincial de la Provincia Franciscana de Cantabria en 1949, dio un nuevo impulso para retomar el asunto pendiente de acondicionar una nueva iglesia para Arantzazu.

Para ello, se constituyó una nueva Comisión pro nueva Basílica de Arantzazu y se decidió convocar un concurso público al que pudieran concurrir todos los arquitectos españoles colegiados.

El 13 de abril de 1950 se publican las Bases del Concurso de Anteproyectos para la nueva Basílica de Arantzazu. En dicho concurso, se pedía para la Iglesia, una superficie mínima utilizable de mil metros cuadrados, la elevación del nivel de la nueva Iglesia sobre la existente para facilitar el acceso desde el exterior, que la entrada principal estuviera en la dirección del eje longitudinal y que dispusiera de uno o dos coros con entradas independientes para doscientos religiosos y para doscientos cincuenta colegiales. Respecto a los materiales, indicaban que fueran de la mayor resistencia y fácil conservación posibles y se aconsejaba concentrar toda la suntuosidad para el interior. En lo relativo a la forma y estilo del templo, los concursantes disponían de completa libertad, pero sin perder el carácter propio de edificio religioso.

Solicitaron las bases del concurso cuarenta equipos de arquitectos, de los cuales se presentaron catorce. Estudiadas las catorce soluciones, el jurado estimó por unanimidad, que el anteproyecto de Luís Laorga Gutiérrez y Francisco J. Sáenz Oiza era el que resolvía con mayor satisfacción las necesidades fundamentales y que además tenía un profundo sentimiento religioso y moderno, que si bien no entroncaba con aquellas arquitecturas tradicionales tan extendidas por el País Vasco, se hallaba dentro de una gran corriente de arquitectura religiosa moderna.

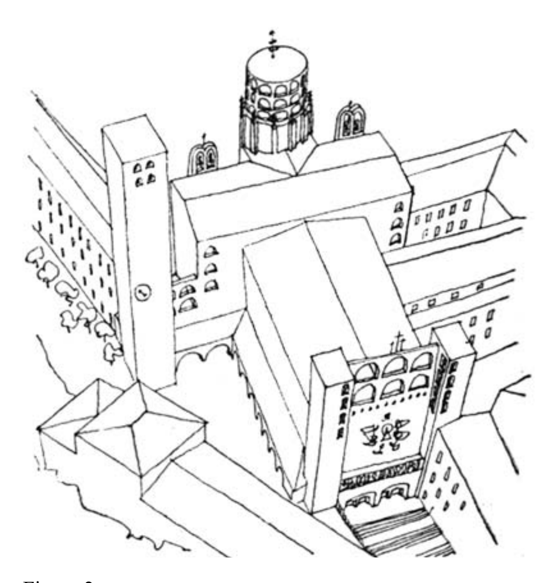


Figura 2
Dibujo volumétrico del concurso ganador (Revista Nacional de Arquitectura 1950)

Quedaron empatados exaequo en segundo lugar, los anteproyectos de Regino y José Borobio y el equipo formado por Javier Barroso y Rafael Aburto. Se concedió el cuatro premio al trabajo de Fernando Chueca Goitia y tres accésit, sin orden de prioridad, a las propuestas de Pedro Ispizúa, Antonio Araluce y Enrique Bás Agustín.

La publicación del fallo del concurso en la Revista Nacional de Arquitectura nº 107 y que los arquitectos ganadores del concurso habían ganado, en 1949, el concurso para la construcción en Madrid de la Basílica hispanoamericana a Nuestra Señora de la Merced, ayudó eficazmente a la difusión de esta nueva arquitectura sagrada que se apartaba de la monolítica concepción historicista.

La piedra como fundamento

La propiedad quería dar continuidad al impulso obtenido con la difusión del concurso y por ello, tras celebrar el acto de colocación de la primera piedra, el 9 de Septiembre de 1950, formó la dirección facultativa. Los ganadores del concurso de Anteproyectos comparten la dirección de obra con el arquitecto asignado por la propiedad Damián Lizaur; son designados aparejadores de la obra José Miguel Zumalabe y Tomás Ardid Gimeno.

Según avance de presupuesto presentado por los arquitectos partiendo de los planos de Anteproyecto, la obra costaría 19.031.667 pesetas, que se podría reducir hasta los 15.000.000 de pesetas. En esta fase, Laorga y Oiza estaban decididos a sustituir el artesonado por un sistema de bóvedas que estaban estudiando, ensayando diversos caminos: «Entre ellas tenemos alguna a base de formas abovedadas con utilización de madera a modo de un casco de barco invertido aunque muy simplificado. En esta solución toda la superficie de lo que formaría la bóveda iría revestida de madera con lo que se conseguiría un efecto acogedor muy adecuado al lugar, de posible efecto estético y excelentes condiciones acústicas.» (Archivo Arantzazu. Armario 5, Carpeta 6, Doc. 1)

En Diciembre de 1950, el provincial Pablo Lete solicita urgentemente a los arquitectos la documentación necesaria para la contratación de las obras. Los arquitectos sugirieren realizar el concurso de constructoras con la documentación realizada para el concurso, ya que los planos completos de proyecto requieren un estudio de muchos meses. No obstante, aclaran que en primavera de 1951 podrán empezarse las obras.

La memoria de contratación de las obras de construcción aclara algunos puntos del objeto del concurso: que la documentación era del Anteproyecto; que en la contratación estaban comprendidas todas las obras con excepción de la cubierta de la basílica, por no estar definido el sistema de bóvedas de las naves; que se excluían de un modo expreso los trabajos de índole artística que la propiedad contratataría directamente; se resaltaba de una manera singular la intención de la propiedad de no proceder a la demolición de la Iglesia existente en tanto no fuera construida la totalidad o gran parte de la nueva; y en cuanto a la piedra, se hace una consideración especial por ser el material base de la construcción y por no estar determinado de antemano el tipo que ha de utilizarse:

> A este respecto el Contratista propondrá la utilización de piedras calizas o areniscas del país procedentes de canteras en explotación así como estudiará la posibilidad de abrir cantera en los montes inmediatos al Santuario (que en principio se estima más adecuado) especificando, en el caso de piedra procedente de canteras en explotación, los precios en origen y los de transporte, y en el caso de proponer abrir nueva cantera hacer un estudio económico completo de la misma considerando en particular las ventajas derivadas de la supresión de gastos de trasporte y del aprovechamiento del material sobrante (piedra machacada, arenas). En ambos casos, hay que tener presente que se han de utilizar esencialmente dos tipos de fábrica: piedra gruesa para la ejecución de mampostería y bloques de dimensiones aproximadas de 50 × 50 × 65 para la labra de sillares en forma de puntas de diamante. (Fondo Damián Lizaur L-17.2)

Siguiendo los criterios marcados por la Comisión pro nueva Basílica de Arantzazu, se optó por no hacer un concurso general entre contratistas sino uno limitado. Se envió la documentación a cinco empresas de capacidad y solvencia conocidas, de los cuales presentaron tres: el Sr. Castellano, Olabarria Hermanos y Construcciones Uriarte. Descartada la primera por su elevado presupuesto, se siguió negociando con los otros dos para que antes de adjudicar a uno u otro se aclarasen extremos de sus respectivas propuestas y solicitar nuevos tipos de piedras más interesantes.

Los arquitectos aclararon a Olabarría que la piedra de Mañarias propuesto era completamente inadecuada y peor aún que la de Deva, a la vista de las construcciones que se podían ver en aquel lugar, por lo que le indicaban realizar una nueva proposición. Por otra parte, trasmitieron a Construcciones Uriarte que estuviesen más acertados en el precio de la piedra, ya que iba muy bien en el resto. Construcciones Uriarte habían presentado tres opciones para la piedra: piedra Deva-Mendaro, piedra caliza blanca y arenisca de Igueldo, todas ellas más caras que la ofertada por Olabarria.

Estudiadas las nuevas propuestas, los arquitectos informaron al Padre Lete la elección de la piedra para las puntas de diamante: «En lo que ya no hay duda es en la piedra que se ha de emplear: a la vista de las muestras remitidas nos decidimos francamente por las de Lastur, por su aspecto, calidad y color. La mala impresión que teníamos hasta ahora, a la vista de las piedras conocidas, se ha disipado en absoluto. La piedra de Lastur nos satisface plenamente». (Fondo Damián Lizaur L-17.2)

De acuerdo con el criterio de realizar la obra a base de esta piedra y teniendo en cuenta la poca diferencia en precio y la igual garantía de ambas empresas, los arquitectos dejaron a criterio del provincial la elección definitiva. La Comisión pro nueva Basílica de Arantzazu, reunida el 12 de Abril de 1951 se decantó por Construcciones Uriarte, cuyo presupuesto definitivo ascendía a 11.906.101,81 pesetas.

UNA OBRA EN CONTINUO CAMBIO

El 23 de Abril de 1951 empiezan los trabajos preparatorios para la construcción de la nueva Basílica. Los arquitectos Laorga y Sáenz Oiza entregan los primeros planos del proyecto de ejecución, correspondientes al plano de ejes y los planos de cimentación para que puedan realizar el correspondiente acta de replanteo.

El 10 de Junio de 1951 se firma el contrato de la adjudicación de las obras por parte del Provincial, los arquitectos y el contratista. Se estableció un plazo total de veinticuatro meses y para solventar la condi-

ción impuesta por la propiedad de poder celebrar el culto en la iglesia existente, se ejecutó un tabique de ladrillo, de un pie de espesor, en la separación de la nave y el crucero. Así, se permitió la demolición parcial de las edificaciones existentes y poder trabajar en la zona del ábside, crucero y la parte de la nave que quedaba fuera de la edificación existente.

Simultáneamente, los arquitectos comienzan la labor de encontrar el escultor idóneo para realizar el trabajo previsto. En Mayo de 1951 escribieron cartas de invitación a diversos escultores para que cada uno preparase bocetos de los apóstoles de la fachada y otro de la imagen de la Virgen, de los cuales es escogido Jorge Oteiza en Septiembre de 1951.

La dirección de obra se superpone con la elaboración del proyecto definitivo. Por ello, las decisiones son trasmitidas por Laorga y Sáenz Oiza a Lizaur y Zumalabe por carta y el envío de planos y detalles a medida que los van elaborando. Se comienza a trabajar en las zonas liberadas del crucero y ábside hasta poder acometer la ejecución de la nave, cuyos planos de estructura no están todavía realizados. En Noviembre de 1951 Laorga y Sáenz de Oiza entregan los planos del Campanil, una torre de 6 × 5 m de base y 45 m de altura revestido exteriormente de piedras en forma de puntas de diamante.

Para finales de Abril de 1952, ya tienen definido el Proyecto de ejecución, que se visará finalmente el 25 de Junio de 1952, y se inicia el desmontaje de la torre existente, demolición del resto de la Iglesia y de la zona del convento que quedaba dentro del ámbito de intervención. Con la ejecución del forjado de hormigón en masa sobre los muros de carga de la iglesia existente, ya es posible iniciar la estructura de la nave.

En el mes de Agosto de 1952, y tras haber negociado el contradictorio correspondiente a la cubierta de la Basílica con Uriarte, se ejecuta la cimbra de madera que va a servir de encofrado de los pórticos, cuyo trazado inferior dibuja la curvatura definitiva del interior de la nave y la exterior, sostendrá la cubierta a dos aguas de la nave central de la iglesia. A mediados de Noviembre ya se habían ejecutados todos los pórticos que configuran el espacio interior de la nave.

Mientras tanto, los arquitectos realizaron las gestiones necesarias para encontrar al pintor más capacitado para realizar la decoración mural, para lo cual mandaron cartas de invitación a varios artistas. En noviembre de 1952 se decidió que solamente Carlos



Figura 4
Vista del montaje de la cimbra de madera en la nave, Agosto de 1952. (Archivo del Santuario de Arantzazu)



Figura 3
Vista de la demolición de la iglesia existente y ejecución de las torres, Mayo de 1952. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

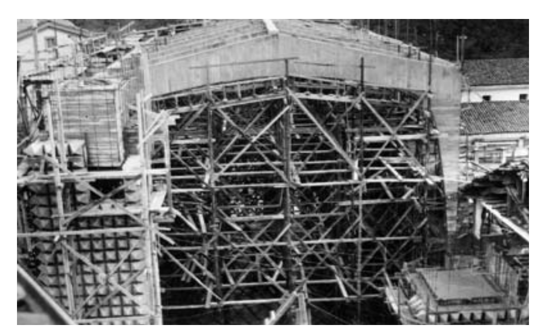


Figura 5
Vista de los pórticos de la nave ejecutados, Noviembre de 1952. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

Pascual de Lara y Néstor Basterrechea estaban capacitados para la ejecución del trabajo. En la carta que envía, el 4 de diciembre de 1952, el provincial Padre Lete al guardián de Arantzazu, el Padre Aranguren, le comunica que probablemente Lara pintaría el ábside y Basterrechea la cripta o el nártex, como así sucedió. Fue el último trámite referente a la Basílica que realizó el Padre Lete, quien fallece en accidente de aviación, el día 6 de Diciembre de 1952.

Durante el año 1953, la propiedad formó una comisión para estudiar y resolver todos los problemas referentes a la construcción de la Basílica. La comisión tenía la voluntad de inaugurar la Basílica en 1954 y por ello, solicitó a los arquitectos la resolución urgente de los puntos pendientes, pues observaban una gran demora en el envío de planos y detalles insistentemente pedidos, con gran molestia de la Contrata y por consiguiente de la propiedad. Entre los puntos a resolver destaca la terminación del lucernario o cúpula sobre el ábside. La propiedad indica a los arquitectos que no es de su agrado el cono de vidrio con que tratan de terminar el ábside, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas del lugar.

A partir de Julio de 1953 son constantes las cartas remitidas por la propiedad solicitando los detalles para la terminación del lucernario, de las ventanas de la nave, forma de los bancos de la iglesia, forma de los asientos del coro de los religiosos, revestimiento de madera de la bóveda…, cuyos trabajos no habían sido adjudicados en el primer contrato y que se van demorando entre otras razones, porque el equipo Laorga-Sáenz Oiza comienza a trabajar por separado.

El 9 de Septiembre de 1953 el recién nombrado obispo de San Sebastián, Font i Andreu, visitó las obras y tras manifestar rechazo ante lo que vio allí, decidió crear la Comisión de Arte Sacro de la Diócesis de San Sebastián para que estudiara la pintura y escultura de Arantzazu. Esta Comisión tras estudiar la información artística, suspendió cautelarmente las obras de escultura y pintura en Noviembre de 1954 y remitió la decisión final a la romana Comisión Diocesana de Arte Sacro, quien paralizará definitivamente los trabajos en Julio de 1955.

A pesar de los problemas y retrasos sufridos, la basílica fue bendecida y abierta al público el 30 de Agosto de 1955, aunque los trabajos continuaron durante varios años más. La repentina muerte del pintor Pascual de Lara en 1958, obligó, una vez levantada la prohibición, a convocar un nuevo concurso para la ejecución de la decoración del ábside, que fue realizado por Lucio Muñoz en 1962. Oteiza, por su parte, retomó el trabajo en 1968 con la visión de muchos años de la fachada vacía y finalizó el trabajo escultórico en 1969.

> A partir de la construcción de la nueva Basílica… la idea religiosa adoptó una imagen formal de una singularidad tal (constructiva y artística) que reforzó aquel carácter tradicional del emplazamiento, haciendo que fuera, también, un hito significativo y elocuente para la historia de la arquitectura y del arte en España (González de Durana 2005).



Figura 6
Vista de conjunto de la nueva Basílica, Abril de 1954 (Archivo del Santuario de Arantzazu)

Una construcción integrada

En la cimentación de la nueva Basílica se pueden considerar tres partes, que por su situación respecto a la edificación existente, presentaron constructivamente problemas distintos: el ábside y las dos zonas de la nave, la del lado de la Epístola y la del Evangelio.

El ábside no precisó ninguna cimentación puesto que arrancaba sobre la obra construida en 1920. El muro perimetral de mampostería y los contrafuertes se apoyaron directamente sobre dicha construcción y los ocho soportes de hormigón armado que rodean el presbiterio, se ejecutaron en correspondencia con los inferiores de piedra, trasmitiendo la carga a éstos mediante dados de hormigón con sus correspondientes emparrillados.

La parte de la nave del lado de la Epístola que quedaba dentro del convento existente, no se pudo

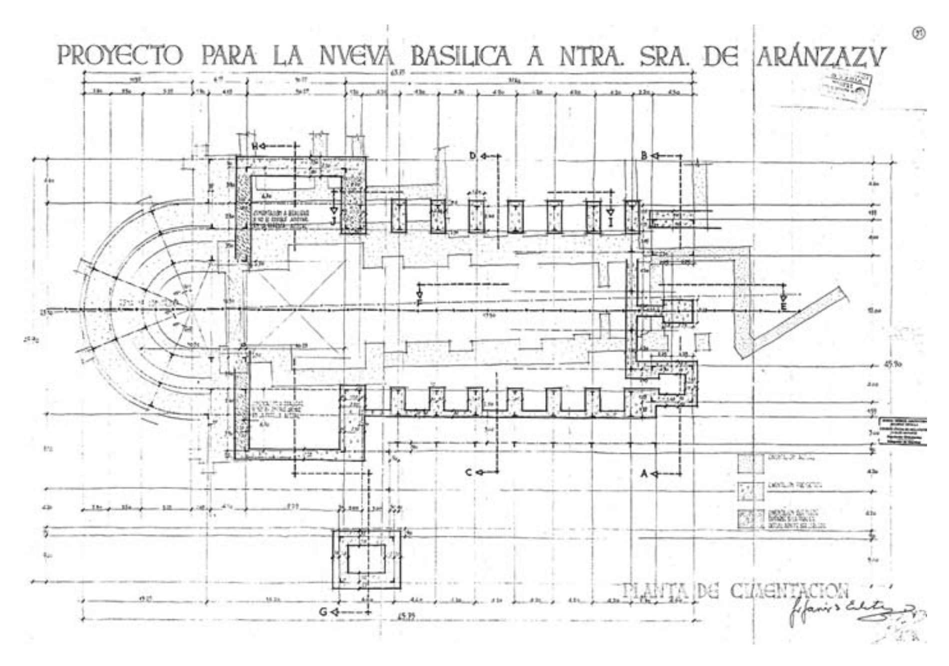


Figura 7
Plano nº 31 del Proyecto de ejecución: Planta de Cimentación. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

cimentar sobre lo existente, por falta de correspondencia de los elementos y se ejecutó mediante zanja corrida y relleno de hormigón ciclópeo en la parte del crucero y por macizos aislados atados entre sí por arcos en la nave. La profundidad de las zanjas es variable dependiendo de la profundidad a que se encuentra la roca sobre la que se busca apoyo, alcanzando en la parte del crucero los 10 m.

El Campanil y la parte de la nave del Evangelio, fuera de toda construcción antigua, no tuvieron ningún problema, ya que la roca estaba muy próxima a la superficie. La nave y el crucero tienen análoga solución a la parte simétrica, aunque en este lado, los machones quedaron unidos perpendicularmente por un muro que sirvió de contención de tierras. El campanil, por su parte, se cimentó sobre el firme de roca totalmente horizontal a 6 metros por debajo del nivel de su base. Se ejecutó mediante zapata corrida de 2,10 m en los tres metros más profundos y 1,95 m en los tres siguientes.

Los muros desde la cimentación (+0,00 m) hasta el nivel del piso de la nueva iglesia (+5,61 m) se ejecutaron de hormigón en masa de 200 kg. de cemento y refuerzo de hierro a razón de 30 kg/mΔ. A partir de la cota de la nave, los muros se ejecutaron en mampostería; en la nave, de tipo concertada, con tres caras vistas hasta la altura de las galerías, formando machones de 0,80 × 2,20 m unidos en su parte posterior por un muro de hormigón en masa de 0,70 m de



Figura 8
Vista de los muros de mampostería formando las capillas laterales, Mayo de 1952. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

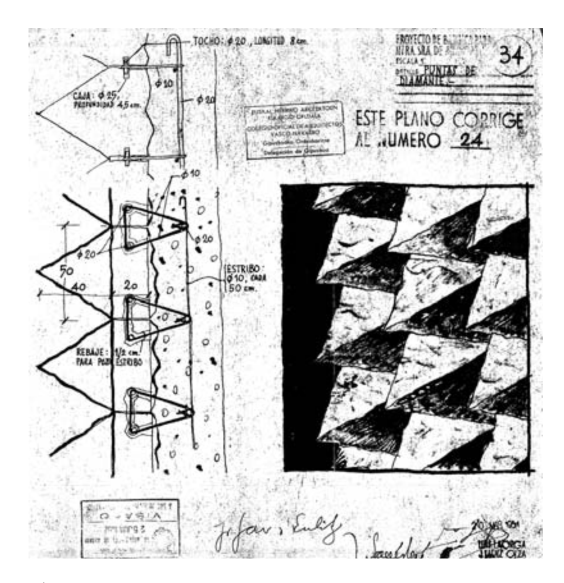


Figura 9
Plano nº 34 del Proyecto de ejecución: Detalle de las puntas de diamante. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

anchura, configurando las siete capillas laterales a cada lado. Desde el nivel de las galerías hasta el arranque de la cubierta, los muros pasan a ser únicamente cerramiento y están ejecutados de mampostería ordinaria vista por la cara exterior, de espesores 0,60m en la base y 0,40m en la coronación. Los muros del crucero también son de mampostería ordinaria, pero con dos caras vistas y con una sección variable de 0,80 m en la base y 0,70 m en la coronación.

Los muros del presbiterio se ejecutaron de mampostería ordinaria, apoyada sobre una estructura porticada de hormigón armado compuesto por ocho pilares de 0,60 × 1,50 m armados con 12 redondos de ø 18 mm y vigas de 0,60 × 1,45 m en la cota +11,17 para soportar el forjado del Camarín de la Virgen y vigas de 0,60 × 1,50 m en la cota +17,50. En cambio, los muros exteriores del ábside se construyeron a base de machones de mampostería de 1,30 × 1,65 m sobre los contrafuertes existentes y un muro ataluzado de mampostería, con una anchura en la parte inferior de 1,00 m y 0,50 m en su coronación.

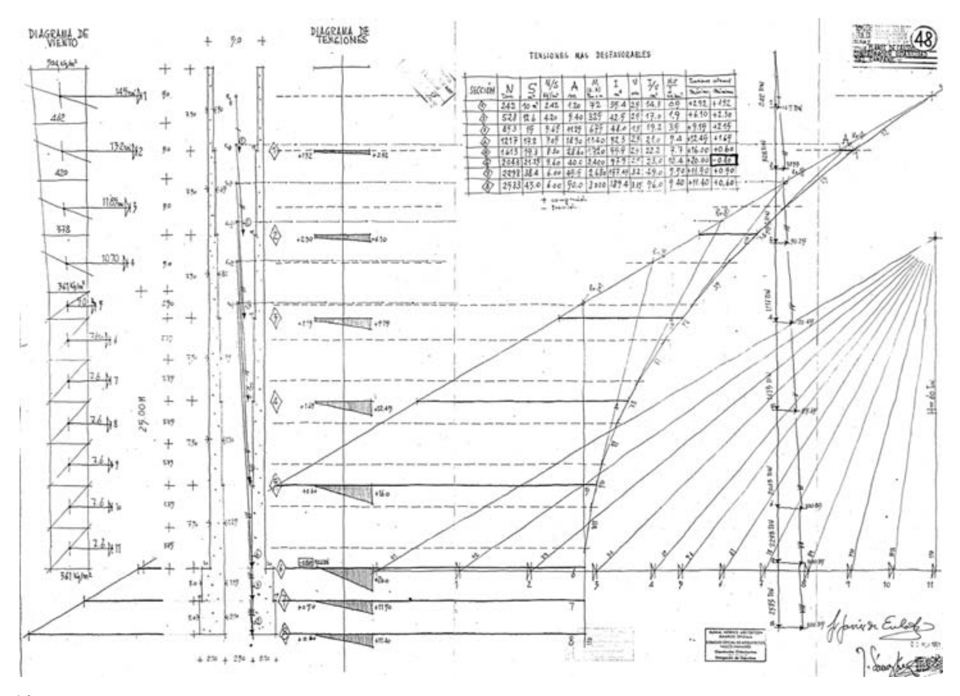


Figura 10
Plano nº 48 del Proyecto de ejecución: Plano de cálculo y comprobación de la estabilidad del campanil. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

Las mamposterías fueron recibidas con mortero de cemento (1:3), rejuntadas con mortero de cal y armadas a base de elementos longitudinales apoyados directamente sobre el muro, entre dos hiladas, en aquellos puntos donde las tracciones eran superiores a las admisibles.

Por otra parte, los muros de las torres de fachada y del campanil están revestidos exteriormente de piedras en forma de puntas de diamante de 50 × 50 con 40 cm de punta y 20 cm de tizón, trasdosadas con hormigón en masa y ancladas a él por ganchos de hierro de 10 mm que se a su vez se sujetan a otro redondo vertical de 20 mm. Los muros se construyeron por hiladas horizontales de 50 cm vertiendo el hormigón entre la piedra ya colocada y un encofrado interior. En las torres de la fachada, el espesor del muro incluyendo los 20 cm de tizón de la piedra es de 0,70 m y en el muro del campanil varía escalonadamente cada 7,5 m comenzando por 1,25 m en la base y terminando en 0,50 m en su coronación.

Cabe destacar el cálculo realizado para los muros de la torre campanil, ya que son autoportantes y soportan los empujes horizontales debidos al viento. Dada su geometría tan esbelta, en proyecto se plasmó la comprobación de su estabilidad. La geometría de la torre (perímetro exterior) y el espesor de las paredes se dimensionaron para que el momento debido a la acción del viento no provocase tracciones en la sección.

Una apuesta estructural

La utilización del hormigón armado permitió, a los arquitectos, materializar el espacio interior de la nave en forma de casco de barco invertido que hoy conocemos. Destacamos la solución de los pórticos en forma de arco que sustentan la cubierta de la nave y sobre todo, por su singularidad y complejidad de cálculo y diseño, las estructuras de los coros de la co-

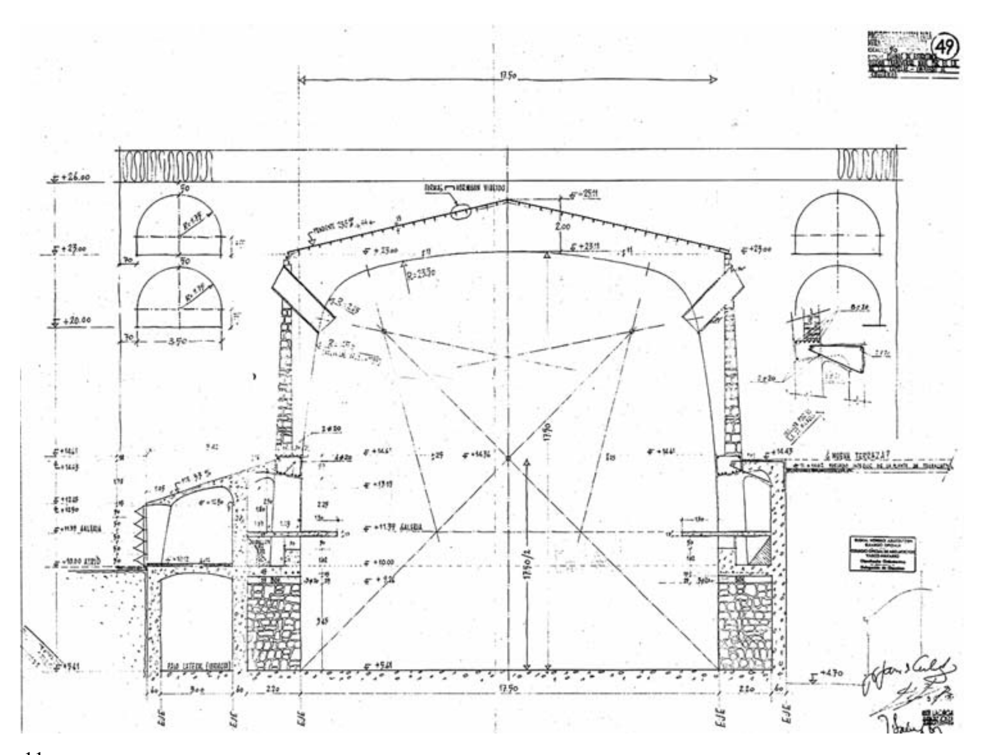


Figura 11
Plano nº 49 del Proyecto de ejecución: Plano de estructura. Sección transversal de la nave. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

munidad y de los colegiales situados a los pies de la nave, sobre el acceso principal.

Pórticos de cubierta

La estructura de sustentación de la cubierta está formada por unos pórticos de hormigón armado separados cada 4,20 metros, cuyo trazado inferior dibuja la curvatura de la nave y la superior configura la cubierta a dos aguas. Estos pórticos salvan una luz de 17,5 metros, creando a su vez un espacio interior de 17,5 metros de alto en su eje central.

La documentación gráfica del proyecto muestra todo el proceso de cálculo para hallar tanto las reacciones en los apoyos como las solicitaciones a lo largo de la geometría del pórtico para las acciones consideradas: cargas gravitatorias, viento, variación térmica ±20ºC y la retracción por fraguado, que se asimila a una reducción de la temperatura de -20ºC. Se considera como apoyo del pórtico la sustentación con doble empotramiento.

Para el cálculo de las reacciones para las distintas acciones se emplea un método analítico y se corroboran los resultados mediante un cálculo gráfico. Se han comparado los resultados reflejados en la documentación gráfica con los resultados obtenidos mediante el cálculo con un programa basado en análisis matricial, observando con satisfacción y admiración que son muy similares.

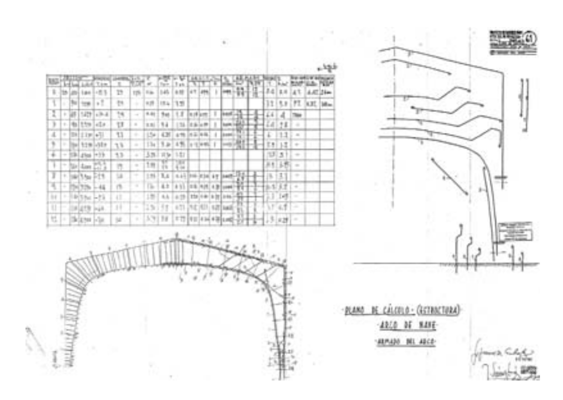


Figura 12
Plano nº 61 del Proyecto de ejecución: Plano de estructura. Armado del arco de la nave. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

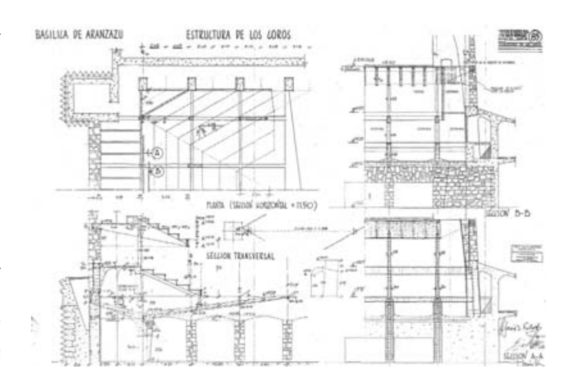


Figura 13
Plano nº 85 del Proyecto de ejecución: Plano de estructura de los coros. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

El cálculo de los esfuerzos que se producen en las distintas secciones del pórtico, también está desarrollado en la documentación gráfica del proyecto, donde se reflejan los momentos flectores, los esfuerzos axiles, los esfuerzos cortantes y la envolvente crítica de dichos esfuerzos para las distintas combinaciones para poder realizar el armado del pórtico, que se resume en el plano nº 61 que contiene las solicitaciones máximas en las distintas secciones y el armado necesario para poder soportar dichas solicitaciones. La comprobación realizada mediante un programa basado en análisis matricial, confirman también estos resultados.

Sin duda, la parte más espectacular del diseño estructural está en la configuración de los dos coros superpuestos a los pies de la nave.

Coro de la comunidad

La estructura de este coro está formado por cuatro piezas en ménsula de 4,20 × 17,30 m, de sección variable en forma de T invertida y apoyadas en cuatro soportes de 70 × 70 cm, armados con 16 redondos de ø 16 mm, y en el muro de la fachada principal. Las alas en forma T invertida de se unen entre sí formando en la parte inferior una losa continua, y para soportar los rastreles del solado del coro se ejecutaron tres vigas trasversales.

En proyecto se consideró una carga de 50 kg/m≈ debido al solado de madera y bancos , una sobrecarga de

uso de 400 kg/m≈ y un efecto dinámico que se introduce como una sobrecarga del 50% de la sobrecarga de uso: 200 kg/m≈. Además de estas cargas, se considera el peso propio de la estructura. La documentación gráfica refleja el análisis global considerando la estructura articulada (aproximación) y trasmitiendo todas las acciones resultantes calculadas sobre los nudos. Mediante un diagrama de cremona se calculan los axiles a los que está sometida la estructura, que se tienen en cuenta para dimensionar y armar los distintos elementos.

Posteriormente se comprueban las distintas secciones de la viga en T invertida con que se resuelve el vuelo para salvar los 12,6 m. La sección más solicitada es la sección J, cuyo canto es de 190 cm y se arma con 11 barras de ø 25 mm en la cara traccionada y 7 barras de ø 16 mm en la cara comprimida. Sin embargo, la sección que necesita más armado es la sección G, ya que al tener menor canto, 110 cm, necesita 21 barras de ø 25 mm en la cara traccionada.

De los resultados obtenidos se puede concluir que la tensión a la que se le hace trabajar el hormigón a compresión es de 42 kg/m≈, inferior a la resistencia del hormigón empleado y el acero de la parte traccionada de la viga se le hace trabajar a 1260 kg/cm≈, también inferior a la resistencia de los aceros empleados.

El hormigonado de las ménsulas se ejecutó por piezas completas, en un trabajo continuado con dos hormigoneras y vibrador, utilizando una mezcla pastosa y rica y de acuerdo al siguiente orden: 1ª, 3ª, 4ª y 2ª ménsula, espaciando 8 días entre la 1 ª y 3ª, 10 para a 4ª y de 6 a 8 para la 2ª, es decir un total de 25 a 30 días.



Figura 14
Vista de la estructura de los coros sin el revestimiento de madera. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

Coro de Colegiales

Tiene forma de U abierta, estando formada su estructura por una viga embebida en el muro de la fachada, otra apoyada sobre cuatro soportes de 28x28 cm armados con cuatro redondos de ø 16 mm, otra de atado en el borde y una serie de ménsulas separadas 1,05 m que apoyan perpendicularmente en las anteriores. Debido a la configuración en planta del coro, se realizaron nueve tipos de ménsulas con sus armados específicos.

Si el exterior queda caracterizado por las puntas de diamante de las torres y la fachada-retablo donde se enmarca el trabajo escultórico de Oteiza, el interior queda configurado por el revestimiento continuo de madera y el retablo de Lucio Muñoz. Esta última, realizada en madera tallada y policromada, tiene como principal motivo exaltar la figura de la Virgen pero dejando a un lado el discurso narrativo.El artista pretendía crear con su obra el clima necesario para sentir a la Virgen: «Frente a los intentos de representar la historia de una aparición, Lucio Muñoz recreó un lugar para la aparición. Un entorno que la propia historia había desdibujado, un lugar para el encuentro individual y colectivo con Andra Mari: Un paisaje original que nos hace pequeños frente a la fuerza de la creación, el drama del cortado, el vértigo de las paredes calizas, el hueco-luz que lo atraviesa y el silencio de la contemplación. El mural acoge y resume todo Arantzazu en una experiencia de aparición de la imagen en el retablo, trasladando el entorno al interior de la Basílica con una escala monumental.» (Alonso del Val 2007, 116)



Figura 15
Vista interior de la Basílica y del retablo de Lucio Muñoz. (Archivo del Santuario de Arantzazu)

Lista de referencias

Fuentes documentales

Archivo del Santuario de Arantzazu. Armario 5, Balda 6, nº 1 Planos Grandes; Armario 5, Carpeta 6

Fondo Damián Lizaur. Sig. L-17.2. Archivo del Ayuntamiento de Oñati.

Fuentes Bibliográficas

Alonso del Val, Miguel A. 2005. «Miradas que peregrinan: a Santiago desde Aránzazu». RA. Revista de Arquitectura 7: 53-60.

Alonso del Val et al. 2007. *Arantzazuko Santutegia = El Santuario de Arantzazu*. Bologna: Fmr

Anasagasti, Pedro de. 1955. *Aránzazu: Paisaje, Historia, Tradició*n. Bilbao: Gráficas Ellacuría.

González de Durana Isusi, Javier. 2003. *Arquitectura y Escultura en la Basílica de Aránzazu: Anteproyecto, Proyecto y Construcción, 1950-1955: Los cambios*. Apuntes de Estética Artium. Vol. 3. Vitoria-Gasteiz: Artium.

Monforte García, Isabel y Antton Elizegui. 1994. *Arantzazu: Arquitectura para una vanguardia*. Donostia-San Sebastián: Diputación Foral de Gipuzkoa.

Pagola Aizpurua, Manuel. 2005. *La Nueva Basílica de Arantzazu: su construcción y financiación*. Oñati: Arantzazu Ediciones Franciscanas.

VVAA. 1950. «Concurso de anteproyectos para la nueva Basílica de Ntra. Sra. de Aranzazu, Patrona de Guipúzcoa». Revista Nacional de Arquitectura 107: 467-476. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Estudio de un trazado arquitectónico de una bóveda vaída

Ana Mª Bravo Bernal

Localización y descripción del trazado

La iglesia de El Sagrario de la Catedral de Sevilla fue construida durante el siglo XVII. Su planta es rectangular y está cubierta por una sucesión de bóvedas vaídas excepto el crucero por una cúpula semiesférica. En su fábrica hallé un trazado en un paramento vertical de un reducido espacio ubicado en el ángulo sureste de la misma, junto a la escalera de caracol, a través de la que se accede. Este habitáculo está situado a una altura intermedia, entre el nivel inferior del templo y el de las tribunas.

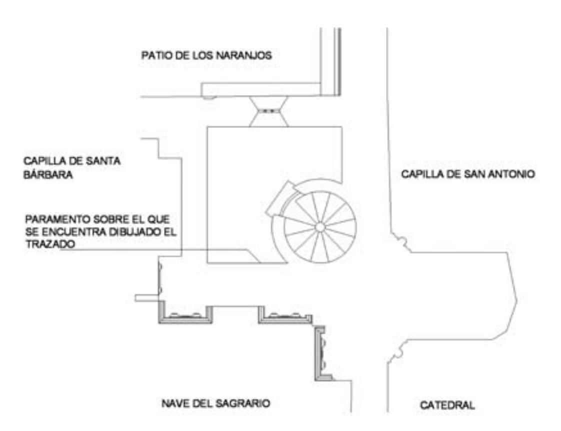


Figura1
Planta del habitáculo donde se encuentra el trazado arquitectónico

Sobre un paramento vertical pétreo con un tendido de yeso, está realizada la delineación del dibujo con un instrumento similar a un punzón. Ocupa una extensión aproximada de unos 140 cm de ancho por 100 cm de alto, medido por las partes más extremas de las líneas.

El trazado consta de una circunferencia de radio 26,65 cm, en la que está inscrito un rectángulo de 34 cm de ancho por 41 cm de alto, al que lo siguen de manera concéntrica 12 polígonos más, siendo un total de 13, midiendo el último, que es el más pequeño, 4 por 4,5 cm. Todo ello está atravesado por un eje vertical y otro horizontal que pasan por el centro de la circunferencia, además de unas líneas inclinadas que unen cada vértice superior del rectángulo mayor con los vértices opuestos del menor, obteniendo así cuatros líneas oblicuas que cruzan el dibujo. Siguiendo en el interior de la circunferencia aparecen otra serie de líneas inclinadas paralelas a la diagonal que lleva dirección izquierda derecha, de arriba abajo, las cuales transportan las distancias que hay entre cada rectángulo según la diagonal opuesta hasta la circunferencia.

En el exterior del contorno circular y en la parte superior izquierda, nace un grupo de líneas inclinadas que parten de pequeñas señales marcadas en el perímetro circular, uniendo cada una con su inmediata inferior, y se prolongan hasta llegar a la horizontal que pasa por el centro de la circunferencia, esto mismo se vuelve a repetir en la mitad inferior izquierda de la misma. Bajo el círculo dos líneas ho-



Figura 2
Imagen del trazado

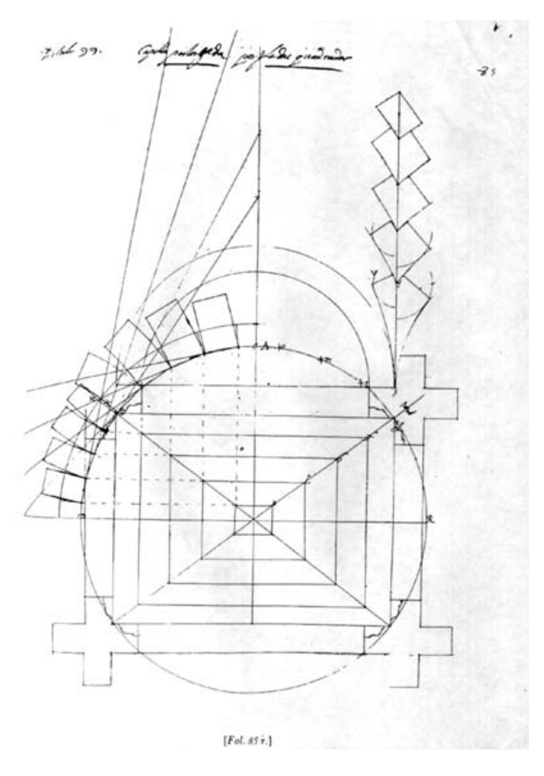


Figura 3
Trazado de una bóveda vaída perlongada por hiladas cuadradas. *Tratado de Arquitectura,* Alonso de Vandelvira. Fol. 85 v

rizontales, una tangente a él y otra a una distancia de 5 cm están atravesadas por la vertical que pasa por el centro, y sobre la que están marcadas unas cortas señales rodeadas por círculos pequeños de las que nacen tangentes una serie de arcos a izquierda y derecha.

Metodología de estudio e identificación

Una vez localizado y descrito el trazado, fotografié y calqué todas las líneas, que posteriormente sirvieron para estudiarlo, dibujarlo e identificarlo. Realizado este primer paso, el siguiente consistió en buscar en el manuscrito de Vandelvira *Libro de trazas de cortes de piedra…*[1] algún gráfico con el que se pudiera identificar, tarea que dio fruto, pues presentaba un gran parecido con el que se encuentra en el folio 85 r. «título 99: Capilla perlongada por yladas quadradas»*,* que tras ser estudiado junto con el texto de José Carlos Palacio *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español,*[2] llegué a la conclusión de que el dibujo hallado se correspondía con el trazado de una bóveda vaída de planta rectangular resuelta por hiladas cuadradas, que inmediatamente asemejé, por su cercanía, con la que existe en la nave de la iglesia, la más cercana al crucero, cuya proporción es 1,17 muy próxima a la del gráfico que es 1,20 en el rectángulo mayor y de 1,12 en el menor.

Posteriormente identifiqué el conjunto de líneas con números y letras que me sirvieron para clasificarlas en tres grupos: uno, aquellas que definen la geometría necesaria para obtener las plantillas de los sillares de cada hilada de la bóveda, dos, las que detallan el intradós de las piezas de esquina, donde se encuentran las hiladas de ambas direcciones, y tres, el grupo que engloba las identificadas con algo concreto.

En el primer conjunto de trazos incluyo la circunferencia, que representa a la esfera tanto en planta como en sección, a partir de la cual se va a formar la bóveda vaída, cuya planta es el rectángulo inscrito, al que le siguen otros concéntricos que surgen como producto de dividir el arco *A` B`* en un número de partes iguales, en este caso trece, y bajarlas verticalmente hasta la diagonal, para obtener así la disposición de las distintas hiladas en planta de la bóveda;

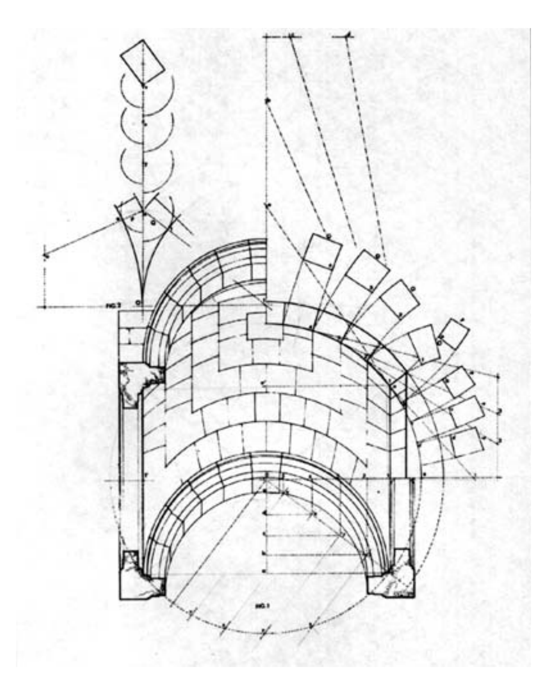


Figura 4
Trazado de una bóveda vaída por hiladas cuadradas, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español,* José Carlos Palacio. Fig. 9.6

posteriormente uniendo los extremos de las particiones realizadas sobre la circunferencia anterior y prolongando la línea, se obtiene un haz de rectas que he denominado como *A B*, que cuando se interceptan con la horizontal que pasa por el centro de la circunferencia proporcionan los centros de curvatura de las distintas hiladas en planta, cuyos desarrollos no se llegan a completar; este mismo proceso se vuelve a ejecutar en el arco *C` D`*, proporcionando el haz de rectas *C D*, que de nuevo vuelve a quedar el proceso inconcluso, al igual que en el arco *A` B`*.

El segundo grupo estaría constituido por la mayor parte del trazado, que está basado en el grupo anteriormente descrito, y cuya finalidad es obtener la plantilla del intradós de las piezas especiales que se producen en las esquinas al encontrarse las hiladas de una y otra dirección. Para ello se abate la diagonal sobre la que se sitúan éstos, que es un semicírculo, y a él se trasladan las medidas en planta de cada hilada originando el grupo de líneas numeradas de la *1* a la *12*; paso en el que se produce un error, pues el abatimiento anterior, no lo realiza con dirección perpendicular a la diagonal como debe ser, sino de forma paralela a la otra diagonal, lo que lleva a todo un proceso equívoco, pues las medidas que se obtienen a partir de aquí identificadas en el gráfico como *0-1, 1-2, 2-3, etc*. no son válidas; pero el autor del dibujo sigue adelante con el trazado de las esquinas cuyo desarrollo realiza sobre el eje vertical del dibujo, en la zona inferior, y en posición invertida respecto a como aparece en el manuscrito de Vandelvira y en el texto de Palacio, donde dicho trazado se realiza en la parte superior del dibujo, en el primero a la derecha y en el segundo a la izquierda.

El trazado de esta parte comienza por una horizontal tangente al círculo en su mitad inferior, a partir de la cual va a trabajar, empezando a dibujar el arco menor de la bóveda, que he denominado *arco 1`*, pero luego lo traslada a una paralela inferior, quizás para delinear en una zona más despejada, donde vuelve a esbozar el arco menor de medio punto a la derecha, *arco 1,* y el mayor a la izquierda, *arco 2*, lo que por otra parte no es necesario, pero quizás le sirva para orientarse acerca de donde colocar los radios de una y otra zona en la continuación del proceso.

Comienza con la primera pieza de la esquina, que es la más baja de la bóveda y cuya dimensión es la distancia *0-1*, la cual se transporta sobre el eje vertical de la circunferencia a partir de la horizontal segunda, *punto x*, en el que se traza hacia la izquierda

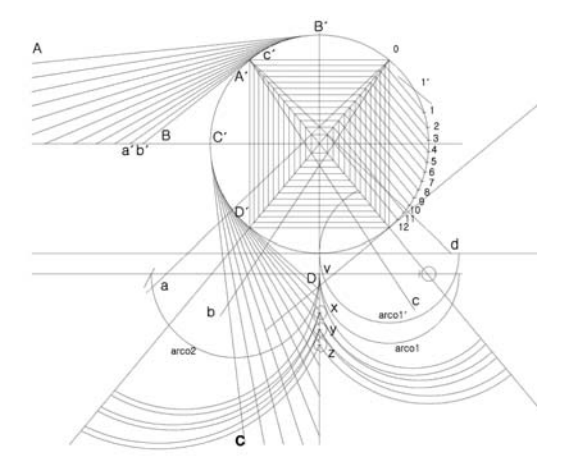


Figura 5
Trascripción del trazado arquitectónico

un semicírculo cuyo radio es el ancho de la hilada primera que se apoya sobre el arco de mayor radio de la bóveda, y tangente a él, otro círculo que pasa por el *punto v* y radio *b`- A`* que es el radio de curvatura de los sillares de la primera hilada, después otro más con el mismo centro anterior y radio *a`- c`* con el que se le da el ancho a la hilada, a continuación se toma la distancia *1 – 2 q*ue se lleva sobre *x* hasta *y* donde se vuelve a trazar otro semicírculo a la parte izquierda con el ancho de la segunda hilada y un círculo con radio igual al último que se dibujó pasando por *x* pero que ahora aparte de pasar por *x* es tangente al círculo pequeño trazado sobre *y*; de igual manera se sigue actuando a ambos lados del eje vertical con todas las distancias señaladas de la *1* a la *12*, aunque en el dibujo que nos ocupa solo lo realiza tres veces.

Cuando en el proceso anterior está llevando la distancia *0 – 1* sobre *v* comienza a darse cuenta del error cometido, que antes hemos señalado, pues los círculos no le van cuadrando, e intenta corregirlo quedando patente en el rasguño que hemos señalado como *1`* que corresponde al abatimiento de la diagonal *0 D`* de manera correcta, y que al llevar la distancia de la primera hilada sobre este abatimiento daría *1`* en lugar de *1* que es la medida que realmente lleva de *v* a *x*, la siguiente dimensión de *x* a *y* que sería la que va de *1 a 2* también está corregida, pero no así la tercera, donde no se producen correctamente las tangentes de los círculos.

En el tercer y último grupo de líneas nos queda por agrupar las que he denominado en la ilustración como *a, b, c* y *d*, y que no acierto exactamente a que parte de este trazado corresponden y qué sentido tienen.

Quizás para comprender todo este entramado de rectas y curvas, sea necesario conocer el trazado detallado de las plantillas de los sillares de las distintas hiladas que conforman las bóvedas vaídas de planta rectangular, cuya explicación está contenida en los dos textos ya mencionados de Vandelvira y Palacios, a partir de los cuales he interpretado el trazado hallado en el Sagrario de la Catedral de Sevilla.

Conclusiones

Una vez explicado el dibujo, quedaría por resolver dos cuestiones: el porqué y cuando, es decir, que razón de ser tiene, para que se realizó y en qué fecha se produjo.

Respecto a estos dos temas poco se conoce, pues se carece de datos fidedignos, sin embargo, si quisiera realizar al menos unas reflexiones sobre el tema, que son bastante evidentes, como las referidas al propio tamaño del dibujo, que habla de que no es una montea en el sentido estricto de su definición,[3] pues no se llegan a obtener las plantillas finales, ni son a tamaño natural, sino más bien una demostración o enseñanza a otra persona del proceso a seguir en el trazado para obtener dichas plantillas, que no se lleva hasta el final. Un antecedente existe en la propia Catedral, en su ángulo sureste, en la Sala de Trazas,[4] donde se encontraron una serie de rayas o rasguños de dibujos de pequeño tamaño, que posteriormente se dataron como pertenecientes a las enseñanzas que Hernán Ruiz "el Joven" impartía en ese lugar, durante el periodo que ejerció como maestro mayor de la Catedral de Sevilla. Pero quizás en nuestro caso no se trate de una enseñanza de ese tipo, sino más bien creo que se están resolviendo problemas estereotómicos en la terminación de las cubiertas, pues si nos paramos a contar las hiladas cuadradas de la bóveda que nos ocupa, que es la situada junto a la cúpula, llega un momento en que perdemos la continuidad de la misma, no podemos seguir, pero sin embargo hallamos pequeñas señales de grietas antiguas y llagas que nos van diciendo que las hiladas son redondas; llegando a la conclusión de que la transición o cambio del uso de las cuadradas a redondas para resolver las bóvedas vaídas no se dan de una a otra bóveda, sino que se produce dentro de la misma, siendo aproximadamente la mitad de una forma y el resto de la otra. Estereotomía que, por otro lado, la propia deco-



Figura 6
Bóveda vaída de la nave de El Sagrario

ración está reflejando, pues en la transición de una forma geométrica rectangular a otra circular, se aprecia como las primeras cenefas son rectas bordeando los arcos, para después cambiar a un octógono, seguido de formas cada vez más circulares, hasta llegar a la clave.

Pero ¿a qué es debido este cambio que supone plantillas y desarrollos nuevos?, lo más probable es que fuera debido a un cambio de maestro que actuara de forma distinta a como se venía realizando en la obra, pero no se conoce tal nombramiento, pues Sánchez Falconete estaría hasta el final de la misma, sin embargo los que si fueron cambiando eran los aparejadores, como Juan de Landeras, llegado de Jaén en 1652, casi con toda probabilidad a raíz de la visita que realizó a El Sagrario en el mismo año el maestro mayor de Jaén, Juan de Aranda y Salazar, momento en el que se estaban cerrando las bóvedas de la iglesia, y que provocó la destitución de Fernando de Oviedo, aparejador que solo llevaba un año en el cargo.

Lanzo por tanto la hipótesis de que el trazado pudiera corresponder a mediados del siglo XVII y por cambio de aparejador, y que probablemente viniera a cerrar la cubierta y resolver los problemas que ya existían en el edificio. Landeras llegaría a la fábrica cuando la bóveda vaída del cuerpo de la iglesia junto al crucero se encontraba en un estado intermedio, correspondiente al nivel donde llegan las hiladas cuadradas, que él siguió tras tomar la decisión de hacerla con hiladas redondas, cuya forma de construir trasladó a la otra bóveda vaída contigua, también de hiladas redondas, que faltaba por cubrir en el edificio.

Notas

1. Barbé-Coquelín de Lisle, Genevieve. 1997. *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*, Caja de Ahorros de Albacete, título 99, fol. 84 v. y 85 r.
2. Palacios, José Carlos. 1990. *Trazas y cortes de cantería en el renacimiento español.* Madrid: Ministerio de Cultura, fig. 9.6.
3. «Montea es el trazado del despiezo y los demás detalles de una obra, a tamaño natural, para la obtención de plantillas o dimensiones. Se ejecutaba sobre un tendido de yeso en el suelo o en la pared, y en ocasiones se grababa con punzón en paramentos de piedra ya construidos./ Arte de definir gráficamente las formas de los sillares para su labra. Traza. Modernamente estereotomía». Definición tomada del texto de Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XX.*. Madrid, p. 326.
4. Jiménez Martín, Alfonso y Pinto Puerto, Francisco. 1993. «Monteas en la Catedral de Sevilla». *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica* 1: 79, Valencia.

La tapia valenciana en la ciudad de Guadix (Granada)

Iratxe Bravo del Fresno
José Sánchez Toro

La presente comunicación viene motivada por los resultados obtenidos por la doctorando Iratxe Bravo del Fresno en el Trabajo de Investigación del Máster de «Arqueología y Territorio» de la Universidad de Granada titulado «Transformaciones urbanas y arquitectónicas en una ciudad andalusí tras la conquista cristiana: el caso de Guadix»; y por el arquitecto técnico por la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Granada, José Sánchez Toro en su Trabajo Fin de Carrera en la modalidad de Investigación Monográfica con su estudio titulado «Investigación y propuesta de restauración del antiguo Seminario de San Torcuato e Iglesia San Agustín de Guadix». Ambos colaboraron mutuamente durante el desarrollo de sendos trabajos aportando una óptica y visión heterogénea.

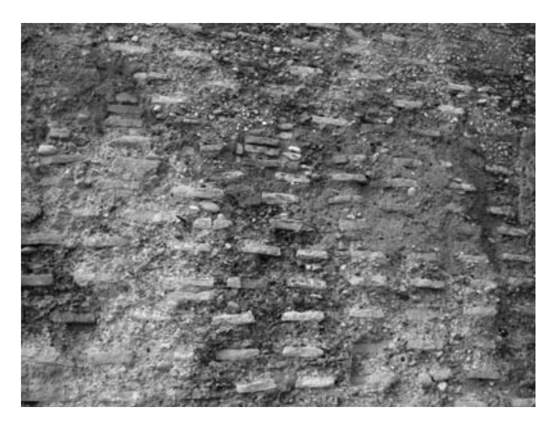


Figura 1
Tapia valenciana, Muralla de la Puerta de Quart, Valencia. Época medieval

Los dos trabajos constataron durante su investigación la existencia de una técnica constructiva conocida en la provincia de Valencia, pero desconocida hasta el momento en la zona Norte de la provincia de Granada, denominada *tapia valenciana* (figura 1). Este artículo aborda dicho tema, ampliada con nueva información. Es esencial recalcar que esta investigación se centra en el punto de vista arquitectónico, urbanístico, histórico, archivístico y arqueológico de la ciudad de Guadix.

El objetivo de ese artículo es aportar nuevos conocimientos de la historia de Guadix, así como aportar nuevos datos sobre las técnicas constructivas tanto de la zona accitana como sus alrededores.

Guadix y su entorno urbano

La ciudad de Guadix y su comarca quedan situadas en la Alta Andalucía, entre los límites de las provincias de Almería y Jaén, ocupando la zona central de la provincia de Granada, en lo que se denomina geomorfológicamente *surco penibético*.

Esta ciudad presenta una continuidad de poblamiento desde la Edad del Bronce hasta la actualidad. Lo avalan los seguimientos y excavaciones arqueológicas de los últimos años que atestiguan la existencia de las culturas argárica, íbera, romana, hispanogoda, musulmana y cristiana en la urbe.

El conocimiento histórico que se expone a continuación se centra en época moderna, porque la técnica constructiva denominada *tapia valenciana* se documenta en la urbe en ese periodo histórico.

El 30 de Diciembre de 1489, la ciudad musulmana Wadi-As es entregada a los Reyes Católicos, aunque verdaderamente es en Septiembre de 1490 cuando se produce la conquista de la ciudad. Es entonces cuando pasa a llamarse Guadix y comienza la transformación de la ciudad musulmana en cristiana (Bravo del Fresno 2009, 72; Bravo del Fresno 2010)

Los musulmanes intentarán asaltar la alcazaba, lo que dará lugar a su expulsión y a su consiguiente emigración en torno al Arrabal del Tollir, conocido entonces como Arrabal de la Morería (Actual Barrio de Santa Ana); la Vega y el Sened (Bravo del Fresno 2009, 72; Bravo del Fresno 2010).

> La sociedad musulmana tendrá que aculturalizarse de manera impuesta y forzadamente, un proceso que estará llamado al fracaso como prueba la expulsión morisca de 1570 tras la famosa rebelión de las Alpujarras (Bravo del Fresno 2009, 234; Bravo del Fresno 2010).

Esta nueva ciudad será moldeada a imagen castellana con edificaciones propiamente cristianas que atestiguan su poder conquistador. (Bravo del Fresno 2009, 234; Bravo del Fresno 2010)

La ciudad continuará transformándose en los siglos venideros, aunque no al nivel de fractura que suponen los primeros años de la conquista con la política de repoblamiento y la otorgación de las mercedes (Ladero Quesada 1969: 365-375; Bravo del Fresno 2009, 94; Bravo del Fresno 2010).

Poco a poco, la ciudad va configurando su urbanismo cristiano, ensanchando sus calles, abriendo los adarves cerrados, creando plazas como la Mayor, e instalaciones como la Cárcel, la Casa de los Corregidores o la Casa de los Escribanos. En la trama urbana se asentaran conventos, iglesias e instituciones religiosas, con gran peso en la urbe. La Alcazaba perderá su función y presencia urbana. De igual modo, la muralla de la medina se ve afectada por las diferentes casas que se van adosando en ella o la destrucción de partes de la misma. Las puertas y fuentes irán transformándose, perdiendo su configuración y su papel urbanístico (Bravo del Fresno 2009; Bravo del Fresno 2010).

Grandes familias nobiliarias, se asentaran en este siglo en la ciudad, viviendo en palacetes y casas hidalgas, siendo las más renombradas la de los Mendoza, Fernández de Córdoba, Pérez de Barradas, Bazán, Álvarez de Bohorques o Biedma (Asenjo Sedano y Sedano Fenoy, 2004; Bravo del Fresno 2009, 97; Bravo del Fresno 2010).

Las antiguas mezquitas de los arrabales se convierten en iglesias y ermitas, como las de San Miguel, Santiago, Santa Ana, La Magdalena, San Juan, Santa Cruz… Se implantarán asimismo dos conventos situados respectivamente en el camino de Fiñana (San Francisco) y en el de Paulenca (Santo Domingo). Ambos están situados estratégicamente para evangelizar a la población. El Barrio de Santa Ana, será el único que conserve su estructura morisca, con sus callejuelas estrechas, placetas y adarves.

La existencia actualmente de edificaciones como la alcazaba; la muralla de la medina y sus puertas (destruidas en el s. XIX); las posibles pervivencias en el parcelario u otra serie de condicionamientos como la localización de la mezquita mayor, sobre la que se construirá la catedral; la judería; los baños o el sistema hidráulico, muestran que, a pesar de encontrarnos frente a una ciudad plenamente castellana, sus estructuras estarán siempre cimentadas sobre la medina islámica (Bravo del Fresno 2009, 233; Bravo del Fresno 2010).

Por tanto, el urbanismo del centro histórico de Guadix sería el resultado de la simbiosis entre dos culturas distintas, la musulmana y la cristiana. Su disposición urbana se dispondrá en época musulmana y morisca, aunque su configuración actual se dará a partir de época moderna, con la llegada de los cristianos y la modificación de su urbanismo. Un ejemplo de esto son los actuales adarves, callejuelas estrechas y zigzagueantes, pocas y pequeñas plazas, etc., cuyo origen sería musulmán-morisco y que la nueva política urbanista moderna no eliminó por completo a pesar de todas las transformaciones que llevó a cabo (Bravo del Fresno 2009, 233; Bravo del Fresno 2010).

Por tanto, la fisonomía de la ciudad de Guadix es el resultado de las transformaciones acontecidas en un asentamiento con continuidad de poblamiento y que, particularmente en este caso, su gran patrimonio histórico-arqueológico da la impresión de quedarse «fosilizado», y se encuentra sujeto a diferentes figuras de protección como medida… (Bravo del Fresno 2009, 234; Bravo del Fresno 2010).

Descripción de *tapia valenciana*. Morfología y sistema constructivo

Antes de proceder a describir que es la *tapia valenciana*, debemos explicar algunos conceptos. El primero de ellos es la *tapia*, que aunque ya se han realizado numerosos artículos sobre esta técnica constructiva debemos explicar brevemente en qué consiste.

Podemos entender como tapia, cualquier elemento lineal constructivo que cerca o delimita un espacio, pero nos centraremos en el significado de tapia como sistema constructivo. Generalmente se entiende como tapia cualquier muro o cerca construido con tierra apisonada. Pero esta definición se queda sesgada ante la inmensidad del concepto real de tapia. Para que exista la tapia no sólo debe de existir un material que lo componga, sino que además debemos de disponer de un encofrado que hará las veces de molde y que se conocía históricamente como *tapial* que proviene de la palabra árabe *tabiyya* (figura 2) que hace referencia a las tablas que formaban el molde o encofrado. Debemos señalar que fue durante el predominio musulmán en la península cuando se introdujo esta técnica constructiva, posiblemente durante el siglo XI, en el periodo conocido como *Reino de Taifas* y que perduró en el tiempo durante siglos, encontrando construcciones realizadas con esta técnica hasta fechas muy recientes, principalmente en la zona sur de la Península Ibérica (Martín García 2005).

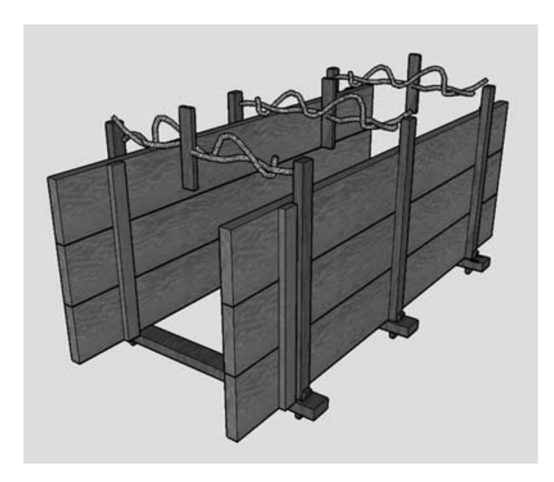


Figura 2
Posible reconstrucción de *tabiyya* (Sánchez Toro 2010)

Como apunte léxico, debemos de hacer mención a como en Andalucía, la tapia se conoce como tapial pero haciendo hincapié en que la palabra tapial hace referencia al molde y no al elemento construido (Algorri García, Vazquez Espí 1996).

Si para que exista la tapia como técnica constructiva es razón *sine qua non* que se realice mediante el empleo de encofrado, moldes o como hemos apuntado antes, tapiales, el material que se vierta en su interior es muy importante para poder distinguirlos entre ellos y será uno de los factores para caracterizar y sistematizar todas las variantes de tapias, donde incluso nos permitirá catalogarlas desde un punto de vista cronológico.

Así, podemos encontrar tapias que según con que material se han construido, tendrán una designación u otra. De esta manera encontramos la tapia real, el hormigonado, calicostrado, de cal y cantos… (Martín Civantos 2003, 33-34) y, en el caso de esta investigación, la *tapia valenciana*.

Como su propio nombre indica, la tapia valenciana, tiene una mayor incidencia en la zona levantina, pero este nombre no es de origen contemporáneo sino que tenemos constancia documental histórica en el tratado de arquitectura de fray Lorenzo de San Nicolás, alarife del siglo XVI, que lo menciona en su obra «Arte y Uso de Arquitectura», llegando a decir de ella que es «obra fortísima» (Galarza Tortajada 1996).

Esta técnica, tiene la peculiaridad que tiene alojado en su interior hiladas de ladrillos cerámicos (figura 3-4). Su proceso de ejecución era muy similar al de la tapia calicostrada o de cal y costra, donde en este sistema constructivo el material de aporte suele ser tierra natural con distintas granulometrías de áridos y mortero de cal. Lo que caracteriza este sistema es la disposición de los materiales. El mortero de cal se vierte en la parte exterior del cajón junto al encofrado. Sobre el mortero se vierte una tongada de tierra que se apisona de tal manera que el mortero de cal se extiende hacia el interior hasta casi desaparecer y hacia arriba creando una costra que protege de la intemperie a la tierra natural. En la siguiente tongada se dispone de idéntica manera el mortero de cal que acaba por crear una capa exterior de protección. Esto se produce ya que al apisonar la tierra se produce un flujo de lechada de cal hacia el exterior lo que produce que la capa exterior tenga un acabado más fino y liso (Galarza Tortajada 1992; Galarza Tortajada 1996).



Figura 3
Interior cajón tapia valenciana. Guadix



Figura 4
Interior cajón tapia valenciana. Guadix

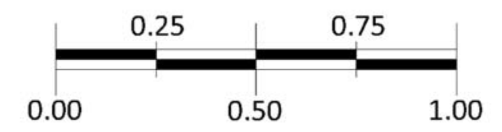
Así, para llegar a obtener lo que hoy conocemos como tapia valenciana, una vez apisonada una tongada de tierra, se vierte el mortero de cal en los laterales longitudinales del cajón y es ahí donde se deja caer el ladrillo con la testa pegada al cajón, de tal manera que quede embebido, a excepción de la cara pegada al tablero, en la costra de mortero de cal una vez que se cubre de tierra y se apisona. El posterior apisonamiento de la tongada de tierra, provoca que el ladrillo se retire del cajón de tal manera que parte de la lechada de mortero de cal cubra parcialmente la testa del ladrillo (Galarza Tortajada 1996).

La separación vertical entre los ladrillos depende del grosor de la tongada de tierra, pero que suele estar alrededor de los 7 cm, mientras que la distancia lateral entre ladrillos se sitúa en torno a los 10 cm.

Tapia valenciana con encintado y machones de ladrillo. El caso de Guadix

La tapia valenciana en Guadix es documentada por primera vez en los trabajos Fin de Máster y Fin de Carrera de los autores de este artículo, por lo que las referencias bibliográficas son inexistentes en el caso de la tapia valenciana en Guadix (Granada).

Pero además la disposición de la tapia valenciana, aún siendo similar al original, presenta una variación y matices distintos. En Guadix, existen abundantes construcciones con la técnica de cajones de tapia con machones y verdugadas de ladrillo (Figura 5). Sección transversal técnica mixta, tapia valenciana con verdugada y machones de ladrillo (Sánchez Toro 2010).. Esta técnica constructiva es lo que conocemos como técnica mixta ya que emplea dos técnicas que por sí solos ya integrarían una solución constructiva. En este caso, esta técnica se usa sobre todo para cercado exterior y muros de carga. Podemos encontrarla en distintas tipologías de edificios, principalmente en iglesias y otras de carácter nobiliario. En Guadix podemos encontrarla en las Iglesias de la Concepción, de Santiago y de San Francisco. Lo que provoca que distintos autores otorguen a esta técnica mixta como muy característica en la arquitectura accitana (Gómez-Moreno Calera 2009). También, fuera



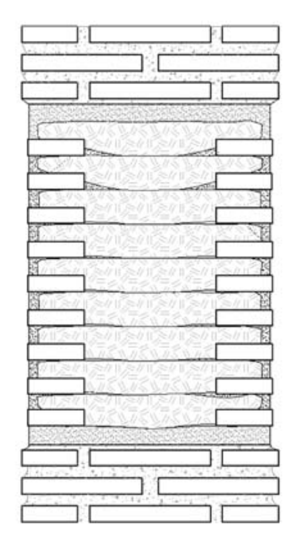


Figura 5
Sección transversal tapia valenciana con verdugada y machones de ladrillo (Sánchez Toro 2010)

cajón y desmontado el tablero, estos agujeros se tapaban con medio ladrillo, de tal forma que no se aparentaba exteriormente el antiguo agujero, mientras que por el interior del muro el mismo quedaba hueco (Sánchez Toro 2010).

De esta manera podemos afirmar que nos encontramos con una técnica mixta que combina la tapia valenciana con las verdugadas y machones de ladrillo, posiblemente inédita, tanto en Guadix como en el resto del territorio español (Sánchez Toro 2010).

Emplazamiento en Guadix

Como se ha dicho anteriormente, esta técnica fue descubierta en Guadix en la Iglesia de Santa María de Las Lágrimas (figura 6), antiguamente iglesia perteneciente al Convento de San Agustín que linda con él y formaban un complejo religioso, pero con el desarrollo del trabajo de investigación de ambos autores, se fue ampliando la presencia de esta técnica en Guadix.

El siguiente edificio donde pudimos verla fue en la antigua Iglesia de los jesuitas, hoy conocido como Iglesia de San Torcuato (figura 7), únicamente en las partes altas de los muros. Pero continuando con la búsqueda pudimos encontrarnos con más estructuras, sobretodo en edificios ya de carácter nobiliario de los dominios de la Comarca de Guadix, podemos ver esta técnica, por ejemplo es una característica destacable de la arquitectura domestica morisca de la capital granadina durante la época moderna (s. XVI) (Orihuela Uzal 1996).

Dicha técnica recurre a la solución del tapial y la obra de ladrillo. Machones de ladrillo, a modo de pilares de anchura variable en sentido vertical, mientras que en el plano horizontal del cajón se ejecutan verdugadas de ladrillo, generalmente en número de tres, lo que enmarca el cajón. Los cajones tienen distintas anchuras para conseguir un contrapeado de tal manera que las juntas verticales no coincidan en la misma línea. En la verdugada central, normalmente ejecutadas a tizón, dejan de colocarse algunas de las piezas cuyos agujeros o mechinales se utilizan para la colocación de rollizos, cuya misión será la de apoyo de los tableros de encofrados y para el montaje de las estructuras de andamios. Una vez terminado el



Figura 6
Antigua Iglesia San Agustín. Lateral Capilla Mayor (siglo XVII). Guadix

(figura 8) ya sea como elemento constituyente de la fachada, en muros medianeros, etc. Pero además la podemos encontrar en relación con otras técnicas ya que en ciertas ocasiones, los cajones de tapia valenciana aparecen tanto en la parte superior, como en la parte inferior del muro, combinándose con cajones del tipo de tapial calicostrado o de mampuestos.

La situación de los inmuebles que contienen esta técnica de tapia valenciana también es muy variada. Primero fue en la antigua medina musulmana donde nos aparece y en un número nada desdeñable. Continuando con la búsqueda, pudimos encontrarlo también en arrabales importantes de Guadix, como el de Santa Ana o el de San Francisco.



Figura 7
Iglesia San Torcuato. Guadix



Figura 8
Casa nobiliaria. Guadix

A continuación indicamos los edificios donde hemos constatado que se empleó la tapia valenciana:

Edificios religiosos

1. Iglesia de Santa María de Las Lágrimas (antigua Iglesia de San Agustín). Según el Catastro del Guadix corresponde al número de parcela 8083018. La orden agustina se asentó en Guadix, procediendo a la construcción del convento con su iglesia aneja. Este edificio ocupó partes de un posiblemente edificio palaciego, una vez que la orden de los Agustinos tuvo el permiso de establecerse en la ciudad en 1594 por el que fuese en esos momentos Obispo de la diócesis Juan de Fonseca. Probablemente en esta iglesia se iniciaría una fase constructiva durante el final del siglo XVI y principios del XVII, aunque en otro momento posterior, mediados del S. XVII, se realizará la Capilla Mayor de la Iglesia San Agustín. Esto lo constatamos gracias a la documentación que en los *Archivos de Protocolos de Guadix*, se encuentra un legajo perteneciente al testamento de don Pablo Alfonso de la Cueva y Benavides, señor de Albuñán, donde pide que se costee la terminación de la Capilla Mayor de la iglesia y, como patrono de la Iglesia, pide que se le entierre allí (Bravo del Fresno 2009, 197-198; Sánchez Toro 2010, 75-83).
2. Iglesia San Torcuato(antigua Iglesia de los jesuitas). Según el Catastro del Guadix corresponde al número de parcela 8184602. El origen de esta iglesia se relaciona con la llegada a Guadix de los jesuitas en el año 1600, gracias a la licencia dada por el obispo Juan de Fonseca y Guzmán. La iglesia se levanta a partir del año 1615, terminándose 25 años más tarde, si bien algunos flecos duran hasta el siglo XVIII. La iglesia y colegio de los jesuitas, a partir del año 1776, pasarán a acoger las dependencias del Hospital Real de Caridad, al ser expulsada de España la orden jesuítica.

Edificios nobiliarios

Para facilitar la ubicación, empleamos la numeración del Catastro Electrónico Municipal:

1. Parcela 8083001. Inicialmente presenta forma de palacete, con una imponente fachada. Podría haberse tratado de un edificio nobiliar que posteriormente se convirtiera en uso doméstico más popular (figura 10). Este edificio presenta un patio pequeño rectangular en su interior. Según la *Carta Arqueológica Municipal de Guadix* (RAYA PRAENA *et al*. 2003), a grandes rasgos le otorga una cronología de edificación de los siglos XVII-XVIII, de tradición castellana con transformaciones posteriores. Ésta estaría formada por un patio al modelo castellano. Presenta la técnica constructiva de machones de ladrillo con cajones de tapial valenciano y cajones de tapial calicostrado.
2. Parcela 8184601: Se trata de una casa-patio de origen nobiliario. Aparece restos de la tapia valenciana con machones de ladrillo tanto por la calle Villalta nº 5, donde hay una medianería con la parcela 8184618, como en la plaza del Hospital Real.
3. Parcela 7983101: Este edificio presenta dicha técnica constructiva entre la Calle de la Tercia nº 9 y la Muralla nº 2. Tiene una disposición morfológica muy irregular y según la *Carta Arqueológica Municipal de Guadix* (RAYA PRAENA *et al*. 2003): «Patio unifamiliar. Casa patio con torreón» y datada entorno al siglo XVI-XVII.
4. Parcela 7984701: El edificio presenta dicha técnica constructiva en la Placeta de los Alamos nº 1. Es un imponente edificio nobiliar, con un gran patio rectangular interiormente.
5. Parcela 7985406: El edificio que ocupa esta parcela presenta dicha técnica constructiva en la Calle Mendoza. Creemos que era un edificio palaciego. Presenta un patio interior cuadrado. Por la disposición morfológica y estructural posiblemente formara parte del mismo edificio con la parcela 7985405, y por tanto ésta última también ésta formada por la misma técnica constructiva.
6. Parcela 7886304: El edificio que presenta dicha técnica constructiva, se puede observar en la Calle Villalegre (figura 9). Aparecen restos de un antiguo muro demolido y, por ese motivo, se desconoce la tipología edilicia que presentaba antiguamente el edificio. Actualmente el muro presenta entre los machones de ladrillo cajones de mampostería en la parte inferior y cajones de tapia valenciana en la parte superior.
7. Parcela 8084003: Este edificio contiene dicha

Figura 10
Restos edificio nobiliario. Guadix

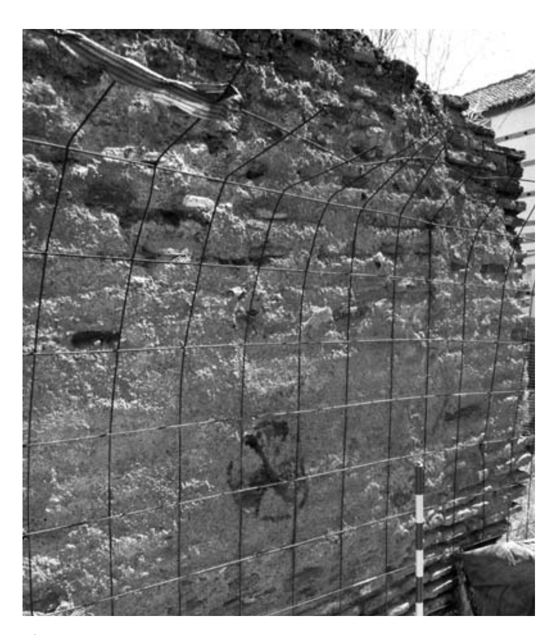


Figura 9

técnica constructiva en una fachada lateral en la Calle Villalta nº 8 . El edificio presenta un paramento con machones de ladrillo y cajones de tapia valenciana.

8. Parcela 7985417: El edificio presenta dicha técnica constructiva en la Calle Carlos Ros nº 4.
9. Parcela 7784202: El edificio tiene dicha técnica constructiva en el callejón que parte de la calle cuarta de San Miguel. Presenta machones de ladrillo con cajones de tapia valenciana.
10. Parcela 8583618: El edificio presenta dicha técnica constructiva en la calle Pachecos nº 5, en el barrio de Santa Ana, con una datación entre los siglos XVII-XVIII según la *Carta Arqueológica Municipal de Guadix* (Raya Praena *et al*. 2003). Presenta machones de ladrillo con cajones de tapia valenciana.
11. Parcela 8481304: Se trata de un edificio en la calle Solana de Santa Ana nº 1 y 3, en el barrio de Santa Ana. Presenta machones de ladrillo con cajones de tapia valenciana. Por la disposición urbana es posible que anteriormente fueran en sí un mismo edificio con el inmueble situado en la parcela anexa denominada según el Catastro 8481305 y, por tanto, compartirían la misma técnica constructiva.

Conclusiones

Este hallazgo nos suscita numerosas incógnitas y dudas aún no resueltas, pero con los datos que tenemos podemos ofrecer una hipótesis.

El hecho de que se combine la tapia valenciana con las verdugadas y machones de ladrillo que es una técnica ya asentada en Guadix, nos hace pensar que estamos ante un fenómeno migratorio demográfico el que introdujo esta técnica con la connivencia de los lugareños. En un primer momento, al sólo encontrarla en el antiguo Convento de San Agustín, entendimos que estábamos ante una anécdota de la construcción del mismo, tal vez ejecutado por la llegada de algún fraile de la Orden de San Agustín, de origen levantino y que fuese albañil, alarife o maestro de obras, introduciendo esta técnica en Guadix.

Pero al encontrar más ejemplos de tapia valenciana en otros inmuebles de Guadix, hace pensar que no sólo una persona de la Orden pudiera haber introducido dicha técnica. Debemos tener en cuenta que los edificios donde podemos encontrarnos la tapia valenciana son variados, unos de carácter religioso, pasando por importantes edificios nobiliarios a otras casas solariegas de menor entidad. Es por ello que tal vez debamos hablar de un flujo migratorio importante desde la zona levantina de la península Ibérica, en alguna de las tantas repoblaciones cristianas que se llevaron a cabo en el antiguo Reino Nazarí. De esta manera, estemos ante la llegada a Guadix durante el siglo XVI-XVII de algún maestro de obras o albañil, con cierta influencia que consiguió introducir dicha técnica.

Pero, ¿por qué combinada con otra técnica?, este es uno de los puntos donde más difícil es llegar a una conclusión, pero lo que es evidente es que no debió de ser casual. Tal vez con la llegada de nuevos pobladores que pretendían introducir una técnica que conocían, los responsables de la casa del gremio, no «permitiesen» que esta técnica se impusiera en la ciudad, ya que crearía una práctica monopolista, lo que provocó que «obligatoriamente», la técnica de la tapia valenciana se tuviese que combinar con otra técnica ya asentada. Pero también nos lleva a pensar que algún ciudadano de Guadix, en algún viaje descubriese y aprendiera dicha técnica trasladándola de vuelta a su ciudad, combinándola con el encintado de ladrillos.

Como se puede comprobar, con los datos que tenemos no podemos llegar a una teoría, pero si lanzar hipótesis y dejar constancia documental que dicha técnica constructiva tuvo una especial relevancia en Guadix y siendo esta centro de la comarca y uno de los enclaves económicos de la zona durante la época moderna, tal vez podamos encontrarnos esta técnica en alguno de los núcleos que rodean a Guadix.

Suponemos que la tapia valenciana se utilizó como «moda» en un momento determinado, del mismo modo que se siguen utilizando en la construcción de edificios otras técnicas constructivas en Guadix por la misma época (cajones de mampostería, tapial calicostrado…). Siempre hemos encontrado esta técnica asociada a machones de ladrillo en una técnica mixta, nunca como única técnica. Ocasionalmente la encontramos en paramentos compartiendo con cajones de mampostería y en otras, sólo cajones de tapia valenciana. Suponemos que en algún caso fuera un recrecimiento del edificio (puede ser en el caso de la Iglesia de San Torcuato), pero en otras aparece desde el momento de construcción del edificio (ejemplo:

Edificio de la Calle Ibañez), por tanto no podemos afirmar si esto es casual o hay una intencionalidad a la hora de utilizarse esta técnica.

Dificultades:

En la elaboración de una investigación minuciosa siempre aparecen tropiezos y dificultades que limitan la actuación e incluso pueden paralizarla. En este caso concreto, el estudio detallado sobre el tema en cuestión se ha encontrado con algunas problemáticas que han ralentizado el trabajo.

El Catastro Virtual Municipal y la Carta Arqueológica de Guadix (RAYA PRAENA *et al.* 2003) presentan en multitud de ocasiones informaciones contradictorias sobre los inmuebles, tanto históricas, cronológicas, disposición, delimitación y división parcelaria, denominación de calles, numeración de portales, etc.

Respecto a la cronología, la Carta Arqueológica de Guadix aporta una horquilla muy amplia en cada edificio, en la mayoría de ocasiones nos dan una cronología acertada, pero con los datos que se disponen, la tapia valenciana se da en los siglos XVII y XVIII en la ciudad de Guadix, debido al estudio de la arqueología de la arquitectura.

Incluso nos encontramos con el problema que algunos inmuebles no aparecen en la Carta Arqueológica recogidos porque, aunque pertenecen al Casco Urbano, se encuentran fuera de la Medina y la Carta Arqueológica sólo recoge los inmuebles dispuestos en este sector de la ciudad, a pesar de la constancia documental y la importancia histórica que tienen los arrabales que rodean a la antigua medina, hoy casco histórico.

Lista de referencias

Asenjo Sedano, Carlos y Asenjo Fenoy. M.D. 2004. *Nobleza y heráldica en Guadix.*Granada: Port-Royal Ediciones.

Bravo del Fresno, Iratxe. 2009. *Transformaciones urbanas y arquitectónicas en una ciudad Andalusí tras la Reconquista cristiana: el caso de Guadix.* Trabajo Fin de Máster defendido en diciembre 2009 en la Facultad de Filosofía y Letras de Granada. Inédito.

Bravo del Fresno, Iratxe. 2010. «Transformaciones urbanas y arquitectónicas en una ciudad Andalusí tras la Reconquista cristiana: el caso de Guadix». *Revista electrónica @Arqueología y Territorio* 7. Programa de Doctorado *Arqueología y Territorio.* Granada.

Elgorri García, Eloy, Vazquez Espí, Mariano. 1996. «Enmiendo a dos de los errores más comunes sobre el tapial». *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Madrid: Instituto. Juan de Herrera, CEHOPU.

Galarza Tortajada, Manuel. 1992. «Las técnicas constructivas en las construcciones defensivas: La tapia valenciana». En *IV Curso de Cultura Medieval*, 397-402. Aguilar de Campoo.

Galarza Tortajada, Manuel. 1996. *La tapia valenciana: una técnica constructiva poco conocida* en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Instituto Juan de Herrera, CEHOPU. Madrid.

Gómez-Moreno Calera, J.M. 2009. *La arquitectura mudéjar en la comarca de Guadix.* Grupo de Desarrollo Rural de la Comarca de Guadix.

Martín Civantos, José María. 2003. *El Zenete (Granada) en época medieval: poblamiento y organización del territorio*. Granada: Universidad de Granada.

Martín García, Mariano. 2005. «La construcción del tapial en época nazarí: el caso de la muralla exterior del Albaicín de Granada». *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Madrid: Instituto. Juan de Herrera.

Raya Praena, I. (Coord.), Burgos Juárez, A; Fernandez-Aragón Sánchez, I; Lizcano Prestel, R y Pérez Bareas, C. 2003. *Carta Arqueológica municipal de Guadix.* Sevilla: Consejería de Cultura.

Sánchez Toro, José. *Investigación y propuesta de restauración del antiguo Seminario de San Torcuato e Iglesia San Agustín de Guadix.* Trabajo Fin de Carrera EUAT. Granada. Inédito.

Bóvedas por cruceros. Clasificación geométrica

Sandra Cynthia Bravo Guerrero

La presente comunicación tiene como objetivo presentar algunas conclusiones geométricas y constructivas a las que hemos llegado con la observación, medición en sitio y levantamiento fotográfico realizado en dos años de investigación sobre las bóvedas por cruceros de retícula ortogonal.

Marco histórico

En España, las bóvedas por cruceros se construyeron principalmente en Andalucía donde simultáneamente, durante el siglo XVI, se desarrolló con la mayor brillantez una arquitectura clásica y una arquitectura gótica. La tradición gótica trata las nervaduras como la vía a través de la cual llevar a cabo el despiece del dovelaje de las bóvedas. La pervivencia de las nervaduras como sistema constructivo aplicado a los modelos clásicos se explica a través del enorme virtuosismo que esta práctica alcanza en España; esta habilidad crea una tradición que sobrepasa ampliamente el periodo medieval en el que nace, hasta introducirse y adaptarse a los modelos clásicos que la cultura del siglo XVI va generando. En las bóvedas por cruceros, las crucerías góticas se adaptan a una trama reticular clásica, dibujando sobre la tensa superficie de una bóveda baída un diseño según lo requiere el arte romano más estricto; las bóvedas por cruceros constituyen un notable ejemplo de autonomía formal de la nervadura gótica que, sin perder sus principios constructivos medievales, es capaz de adaptar sus diseños a modelos renacentistas.

Javier Gómez Martínez en su obra *El gótico español de la edad moderna* atribuye a Siloé y a la fábrica de los Jerónimos de Granada el uso del encasetonado realizado con cruceros. A partir de esta obra nacería una escuela de cantería andaluza en la que este tipo de bóvedas se multiplica con una extraordinaria frecuencia. Entre ellas podemos contar las asombrosas bóvedas de la iglesia parroquial de Cazalla de la Sierra en Sevilla (figura 7), las bóvedas por cruceros de la parroquia del Rosario en Zafra (figura 15), entre otras. Sin embargo, para algunos, como Vandelvira menciona en su tratado *Libro de traças y cortes de cantería* del siglo XVI, se trata de la «bóveda de Cuenca» (figura 1), haciendo mención a la bóveda de la capilla de los Muñoz de esta catedral. No pueden quedar fuera de este breve compendio de bóvedas por cruceros, las formidables bóvedas que inundan los techos de la Catedral de Mérida en Yucatán, México (figura 2). La presencia de esta tipología en el virreinato de Nueva España nos habla elocuentemente del extraordinario papel que estas bóvedas interpretaron en la construcción del Renacimiento español.

Geometría y construcción

Las bóvedas por cruceros son bóvedas baídas construidas con una red de arcos que, en planta, se cruzan



Figura 1
Capilla Muñoz, Catedral de Cuenca. Bóvedas mixtas



Figura 2
Catderal de San Ildefonso, Mérida, Yucatán. México. Bóvedas mixtas

ortogonalmente; por tanto, la diferencia con las bóvedas góticas consiste en que la nervadura, en lugar de partir de las cuatro esquinas hacia la clave central, forma una cuadrícula que, como una red, cubre la totalidad de la superficie de la bóveda.

Teniendo en cuenta que las «bóvedas baídas» (figura 3) resultan de seccionar un hemisferio con cuatro planos verticales cuyas trazas en planta corresponden al cuadrado inscrito en la circunferencia base de dicho hemisferio, los arcos que describen estos cortes son de medio punto —arcos fajones. Si cortamos en cuadrícula la totalidad de la superficie con planos verticales, cada arco de medio punto que se genera tiene un radio distinto. Ejemplo de este tipo de bóvedas las hay desde muy sencillas como las bóvedas baídas que se encuentran en la cabecera de la sacristía en la catedral de Sevilla; hasta más complejas con planta perlongada como las bóvedas que cubren la nave central de Azpeitia (figura 4), y las naves laterales de la iglesia de la Asunción en Aracena, Huelva.

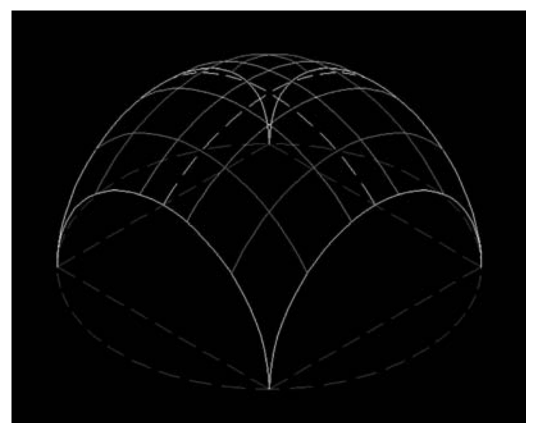


Figura 3
Bóveda baída



Figura 4
Iglesia de San Sebastián, Azpeitia, Guipúzcoa. Bóvedas baídas

Las fabulosas bóvedas del claustro del monasterio de San Jerónimo de Sevilla (figura 5) representan un cambio en el tratamiento de las bóvedas por cruceros. Su diseño es una «bóveda baída rebajada», la carcasa que describen sus nervios, sobre los arcos fajones de medio punto, es casi plana, cada nervio está contenido en un radio de circunferencia distinto, más amplio mientras más cercano al centro, rebajando así el perfil de la bóveda (figura 6). La bóveda central de la iglesia parroquial de Cazalla de la Sierra en la sie-



Figura 5
Claustro bajo, monasterio de San Jerónimo de Buenavista, Sevilla. Bóvedas baídas rebajadas

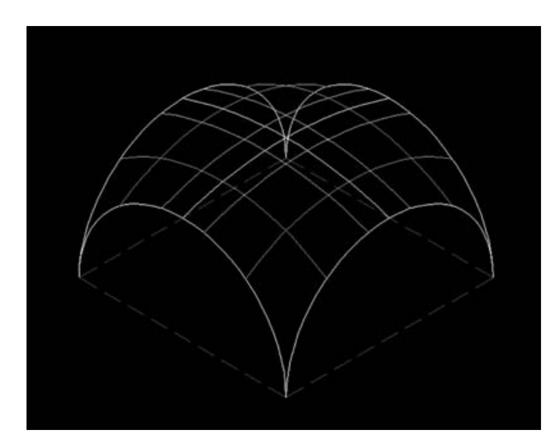


Figura 6
Bóveda baída rebajada

rra norte de Sevilla (figura 7), define del mismo modo una carcasa casi plana, una bóveda de rampante llano.[1]

Advertimos pues la extrema dificultad que se deriva de una bóveda baída: cada crucero (intersección de nervios) que se genera se produce por la intersección de dos circunferencias de distinto radio. Esta dificultad fue soslayada usando los mismos arcos, es decir que una vez determinados los arcos fajones que delimitan la bóveda, se desplazan sobre ellos, en ambas direcciones, un mismo arco. Al lograr esta estan-



Figura 7
Bóveda central de rampante llano. Iglesia parroquial, Cazalla de la Sierra, Sevilla. Bóveda baída rebajada

darización geométrica de los nervios, su movimiento describe una superficie en retícula de traslación.

En la figura 8 observamos una bóveda de traslación en la que todos sus arcos son iguales, deslizando el arco formero de medio punto en uno y otro sentido

Para contrarrestar el exceso de peralte, conservando la geometría de medio punto de los arcos fajones, se diseñaron bóvedas rebajadas definiendo arcos escarzanos para los nervios. Una vez que se ha logrado rebajar la bóveda queda por resolver la unión del arco fajón de medio punto con el arco escarzano perimetral de la carcasa, esto se logra mediante la inclusión de una superficie plana que absorbe esta dife-

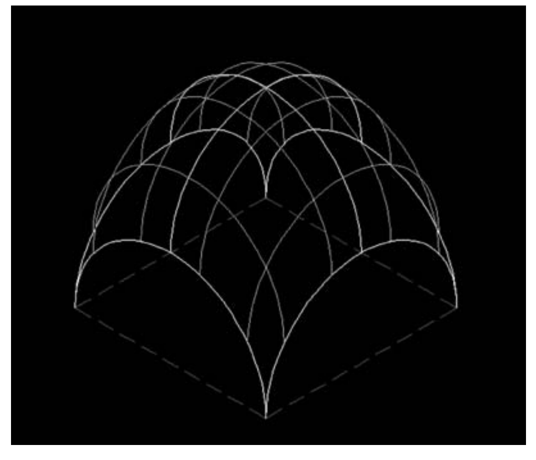


Figura 8
Bóveda de traslación peraltada

rencia de curvaturas (figura 9). Este es el caso de la espléndida bóveda que se encuentra sobre el primer tramo de la nave central de la iglesia de San Miguel en Morón de la Frontera, en Sevilla (figura 10). En las bóvedas de Cazalla de la Sierra se resuelve la unión entre la carcasa y los arcos formeros mediante un conjunto de molduras clásicas que adaptan su grosor a la diferencia de peralte por cubrir (figura 7).

En la sacristía de iglesia de la Asunción en Aroche, Huelva (figura 11), los muros absorben el arco escarzano que define el perímetro de la superficie abovedada. Esto ocurre frecuentemente en las capillas laterales, donde la bóveda está contenida en un espacio cerrado; los muros se adaptan al perfil de la bóveda.

El grado de estandarización máximo alcanzado en este tipo de bóvedas se concreta logrando que los arcos fajones y la totalidad de los nervios compartan la misma curvatura; con lo que sólo se requiere de un baibel [2] para tallar todas las dovelas de la bóveda (arcos fajones y nervios). En este tipo de bóvedas por cruceros los arcos formeros son de tipo carpanel, es decir, un arco rebajado con el añadido de pequeños arcos en los extremos cuyo centro está en la línea de

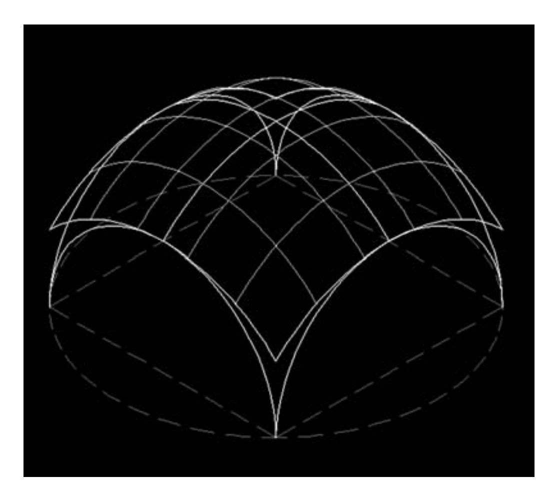


Figura 9
Bóveda de traslación rebajada sobre arcos escarzanos



Figura 10
Iglesia de San Miguel, Morón de la Frontera, Cádiz. Bóveda de traslación rebajada sobre arcos escarzanos

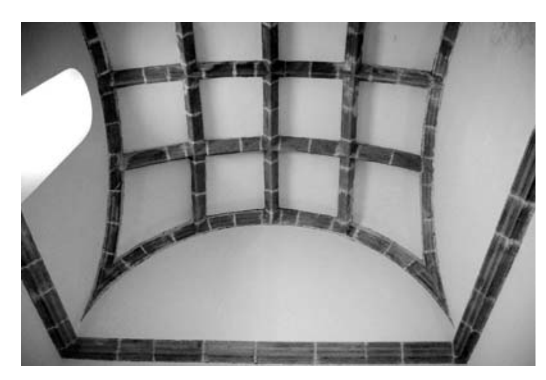


Figura 11
Sacristía. Iglesia de la Asunción, Aroche, Huelva. Bóveda de traslación rebajada sobre arcos escarzanos

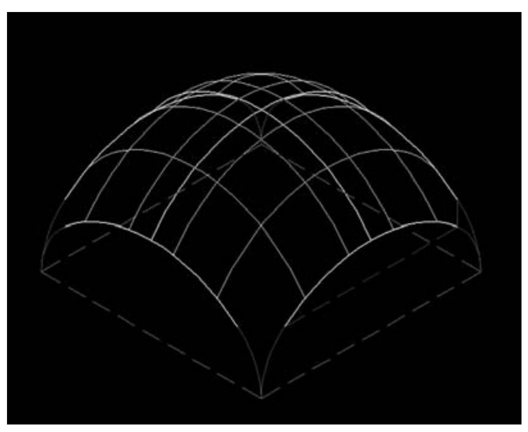


Figura 12
Bóveda de traslación rebajada sobre arcos carpaneles

imposta del arco (figura 12). Estos pequeños arcos forman parte de la jarja, las jarjas llegan hasta el punto donde se cambia de una circunferencia a otra en los formeros. Este es un recurso claramente eficaz ya que facilita sobremanera la talla de los formeros al tener sólo un radio de circunferencia para todas las dovelas.

Este desarrollo geométrico lo podemos ver en las bóvedas gemelas por cruceros de la sacristía de la iglesia de la Asunción en Carmona (figura 13) en las que un mismo arco escarzano muy tendido se desplaza en ambas direcciones sobre arcos formeros en carpanel; también en la sacristía de la iglesia de la Asunción en Aracena, Huelva, y en las bóvedas por cruceros de la sala capitular y del pórtico sur en las Casas Capitulares de Sevilla. Se trata pues, de un ingenioso recurso que permite en gran medida simplificar y racionalizar la estereotomía de las bóvedas por cruceros.

Una vez que la puesta en obra de estas bóvedas representaron un referente importante en el Renacimiento andaluz, se desarrollaron bóvedas mixtas donde se emplean soluciones geométricas distintas dentro de la misma bóveda. Tal es el caso de las formidables bóvedas que cubren la mejicana catedral de Mérida, en la península de Yucatán (figura 2). Estas bóvedas son el resultado de una superficie de traslación y arcos de ajuste. La planta perlongada está delimitada por cuatro arcos fajones de medio punto que tienen su centro al nivel de la imposta, por lo que el nivel de clave es distinto: el flanco más largo tienen la clave más alta. A lo largo de estos arcos fajones longitudinales corre un solo nervio escarzano, mientras que en el sentido longitudinal cada nervio es de distinto radio, derivando en una superficie abovedada que combina la traslación con arcos propios de una bóveda baída.



Figura 13
Sacristía, iglesia de Nuestra Señora de la Asunción, Carmona, Sevilla. Bóveda de traslación rebajada sobre arcos carpaneles

Esta combinación de nervios se pudo resolver gracias a la talla de cruceros por *dirección principal*. Recordemos que los cruceros, es decir las intersecciones y encuentros entre los nervios, son las piezas más importantes y complejas de la bóveda. La talla de estos elementos ponía a prueba como ningún otro la capacidad de los maestros de cantería. Así pues, para labrar en piedra este tipo de cruceros se talla una de las direcciones cortando los otros dos brazos del crucero justo en el entronque, lo cual sin duda facilita enormemente la acometida de estas piezas, ya que el cálculo geométrico de un patrón con sus dos brazos completos es un proceso delicado del que fácilmente se pueden derivar errores. Una simple desviación de la posición de los brazos, haría imposible el cierre de la retícula. Es por tanto más seguro tallar un brazo del crucero con su longitud completa (dirección principal) y fragmentar el otro en su nacimiento (dirección secundaria) con objeto de prevenir errores en el ángulo de entronque.

La talla de cruceros por dirección principal la encontramos en gran número de las bóvedas por cruceros analizadas, facilitando en gran medida la compleja labra de la retícula (figura 14).

Las bóvedas de la capilla Muñoz de la catedral de Cuenca, es igualmente una bóveda mixta donde los arcos formeros longitudinales son arcos por tranquil. Los cruceros, en dirección principal, describen una superficie por traslación en tranquil igual que los formeros, mientras que en la dirección transversal los nervios se ajustan a los arcos que resultan de cortar esta superficie con planos verticales (figura 1).

Aunque esta comunicación se limita a explicar geométricamente las bóvedas baídas por cruceros con retícula ortogonal, cabe mencionar que existen variantes tales como las bóvedas por cruceros diagonales esta vez con sus nervios y cruceros paralelos a las diagonales de las bóvedas; las bóvedas por cruceros con las por nervios concéntricos donde los nervios se distribuyen en paralelos y meridianos; y bóvedas

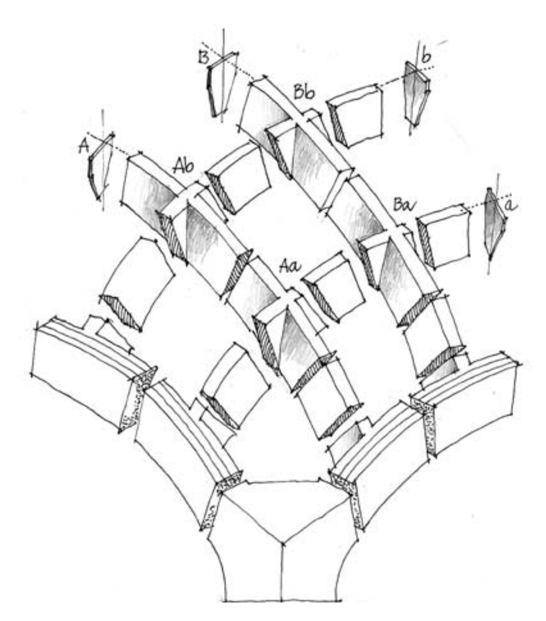


Figura 14
Despiece de un cuadrante de una bóveda por cruceros. Dirección principal

mixtas más complejas como la bóveda que cubre la antesacristía de la iglesia de la Asunción en Carmona, que resulta de la conjunción de una bóveda de traslación rebajada con arcos combados, cuyos cruceros son más complejos al acometer hasta ocho nervios en un crucero.



Figura 15
Iglesia del Rosario, Zafra Badajoz. En este ejemplo extremeño se aprecian bóvedas por cruceros con retícula ortogonal, bóvedas por cruceros diagonales y bóvedas por cruceros concéntricos

Conclusión

Así pues, los volúmenes de las bóvedas por cruceros nos introducen en un campo apasionante, donde la simple observación de la volumetría de diversas bóvedas resueltas por cruceros nos muestran carcasas diferentes, desprendidas de curvaturas diferentes en los arcos y su combinación volumétrica, sugiriendo una sabiduría y conocimiento de las formas estructurales que hacen posible el uso de una extrema libertad en la concepción y construcción de cualquier superficie abovedada. Las bóvedas por cruceros, como hemos podido comprobar, no se reducen a una serie de normas escritas, que incluyan la necesidad de mantener cierta fidelidad a unos modelos formales, sino a un sistema de definiciones geométricas técnicamente avanzado, y con una casuística esencialmente abierta a la invención.

La traza de este tipo de bóvedas parece, a simple vista sencilla y repetitiva, sin embargo un análisis más profundo nos muestra que para su diseño se han seguido distintos principios geométricos para facilitar, cada vez más, la talla y construcción de cada bóveda.

Notas

1. El centro de la bóveda está a la misma altura que la clave de sus arcos fajones, su perfil es prácticamente plano.
2. El baibel se trata de una pieza similar a una escuadra rígida. Su cometido es el de obtener la curvatura interior de los arcos. Por tanto, el baibel tendrá uno de sus lados curvos, precisamente la curvatura del arco que define, en este caso, todos los nervios y los formeros, y el otro lado recto, colocado en posición del radio del arco.

Lista de referencias

Bravo Guerrero, Sandra Cynthia. 2009. «Crossing Trellis Vaults in Spain and Mexico». En *Third International Congress on Construction History*. Germany.

Gómez Martínez, Javier. 1998. *El gótico español de la edad moderna. Bóvedas de crucería.* Valladolid: Universidad de Valladolid.

Nieto,V; Morales, A; Checa, F. 1989. *Arquitectura del renacimiento en España, 1488-1599*. Madrid: Cátedra.

Palacios Gonzalo, José Carlos.2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español.* España: Munilla - Lería.

Pérouse de Montclos, Jean-Marie. 1982. *L'architecture a la française: XVI, XVII, XVIII siecles*. París: Picard.

Pinto Puerto, Francisco. 2001. *Las esferas de piedra.* Sevilla: Diputación de Sevilla.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX.* Madrid: Ediciones Akal.

Rabasa Díaz, Enrique. 2005. *Guía práctica de la estereotomía de la piedra.* León: Centro de oficios de León.

Ladrillares en la región de Puebla (México): persistencia de una tradición artesanal

Dirk Bühler

La construcción con el adobe es una práctica que emplearon los pueblos americanos y europeos independientemente unos de otros mucho antes de conocerse. En la época virreinal, a partir del siglo XVI, se usan en América Latina simultáneamente los adobes tradicionales y los ladrillos cocidos, siguiendo la práctica europea, como material de construcción. Durante ésta época la producción del ladrillo cocido en pequeñas manufacturas logra establecerse firmemente: Los alarifes virreinales usaron -aparte de la piedra tallada- al ladrillo y al adobe en su creación arquitectónica de acuerdo a la disponibilidad de materiales de construcción, las exigencias y posibilidades del cliente y de la obra por realizar.

Actualmente el ladrillo cocido sigue siendo uno de los materiales de construcción más usados en la producción de viviendas tanto populares como residenciales en la América Latina. A pesar de la competencia del ladrillo producido industrialmente y del bloque ligero de concreto, cuyo empleo abunda en las construcciones sobre todo en las ciudades grandes, la producción artesanal de ladrillos se mantiene en vigor principalmente en los alrededores de ciudades medianas del continente. La producción de ladrillos en la región de Puebla forma parte de una larga tradición artesanal y viene acompañada de la producción de adobe. Es una industria que crea empleo con ingresos seguros aunque bajos para familias campesinas, pero que a la vez implica muchas veces el trabajo de menores y provoca un alto grado de contaminación ambiental.

A pesar de que ésta industria es omnipresente en la región, las condiciones de producción, la procedencia de la materia prima, las herramientas y la maquinaria usadas, el proceso de preparación y cocción de los ladrillos así como sus propiedades físicas se han estudiado poco. Este ensayo se centra, a partir de una investigación de campo, realizada en los años de 2007 y 2009, en la producción artesanal de ladrillos en la región de Puebla.

El uso del adobe y ladrillo en la región de Puebla

En la época prehispánica la tecnología del adobe se empleaba tradicionalmente para la construcción de viviendas, pero además de este uso ordinario el adobe se utilizó como material de construcción para las grandes pirámides de Mesoamérica. La pirámide de Cholula (Puebla, México) por ejemplo, con una altura de 65 m y una base de 450 m × 450 m, ocupando una superficie de 17 hectáreas, es la más grande e impresionante de ellos. Esta pirámide se construyó por primera vez alrededor del año de 700 y fue cubierta durante varios ciclos religiosos por estructuras nuevas que envolvieron al edificio anterior. Se usaban ladrillos de adobe de un color parduzco mientras que el barro empleado en las juntas tiene un color ocre porque contiene partes de cal. Tan solo un paseo por uno de los túneles que atraviesan la pirámide permite adivinar el tamaño de la obra.

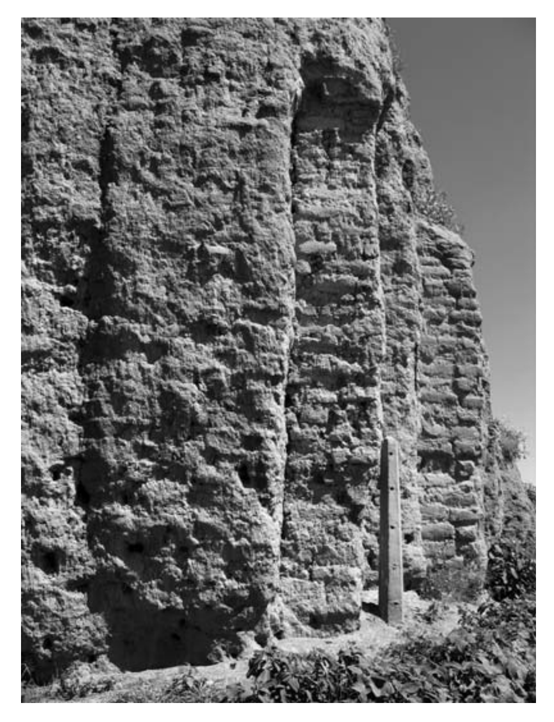


Figura 1
Parte derrumbada de una de las pirámides de adobe de Cholula (Puebla)

Consta que la producción de ladrillos cocidos era conocida en la época prehispánica como afirman varios cronistas de la conquista (Noguera 1928, 65-66) que observaron su venta en los mercados de México. La elaboración debe haber sido íntimamente ligada a la producción de alfarería. Las evidencias arqueológicas para el empleo de ladrillos cocidos son escasas, sin embargo se observan en Tula (Hidalgo), Comalcalco (Tabasco), Tizatlán (Tlaxcala) y más recientemente fueron hallados en Jonuta (Tabasco).

Tan solo a partir de la época virreinal aumenta la producción de ladrillos con la tecnología procedente de Europa cuyo empleo se generaliza paulatinamente en la construcción de viviendas (Icaza 1990, 297) durante el siglo XVI sin suplantar a su vez el uso tradicional del adobe. Ambas tradiciones, la del adobe y la del ladrillo artesanal siguen vivas en muchas regiones de México, sobre todo en el altiplano.

La disponibilidad de materiales de construcción (Bühler, 2001, 117-121) era, junto con los criterios políticos y sociales, decisiva para la selección del lugar en el que debía establecerse la ciudad de Puebla en el año de 1531. Las existencias de cal, arcilla y piedra, así como las reservas de madera de las montañas que rodeaban la ciudad fueron la condición básica para la obtención de una solución constructiva del proyecto de «Puebla», hoy centro de toda una región y capital del estado con el mismo nombre.

De los primeros edificios que, según las crónicas de la ciudad, durante la primera semana se construyeron de madera con techos de paja de dos aguas, ya no queda huella. El adobe[1] sólo parece haber desempeñado un cierto papel en el primer tiempo tras la fundación de la ciudad y parece haber perdido rápidamente su papel protagonista en favor del «cal y canto», es decir la mampostería de piedra con mortero a base de cal. A partir del conjunto arquitectónico que se conserva hoy en día es posible determinar, que en ningún edificio del centro de la ciudad se utilizó ladrillo de adobe. Sólo en los barrios, que todavía hoy se distinguen por un carácter rústico se encuentran de vez en cuando edificios e incluso muros de demarcación de adobe.

Un emplazamiento de piedra arenisca dio nombre al barrio Xanenetla donde se extraía “xalnene”, una piedra fuerte y resistente al fuego que se utilizaba preferentemente para la construcción de hornos de quema de cal, ladrillos y vidrios y muy parecido al tepetate. Este material también puede encontrarse en algunos edificios en mampostería para muros sin carga. Por su reconocida dureza se usaban también el xalnene y el tepetate en la cimentación de los puentes de la ciudad con resultados inconstantes ya que el material pierde rápidamente sus cualidades estructurales (Aeppli y Schönhals 1975, 73) al humedecerse y no siempre resistió duraderamente al agua, sobre todo durante la época de lluvia con sus inundaciones periódicas.[2]

El barro que se utilizaba durante la época virreinal para la producción de ladrillos se extraía de yacimientos en las faldas de los cerros de Loreto y Guadalupe en el norte de la ciudad. Se producían en diferentes tamaños y se suministraban, como hoy, a miles. Los ladrillos cuadrados y planos de 25 × 25 × 3 cm se utilizaban en revestimientos para el suelo de los edificios, que se recubrían generalmente con este material. Los revestimientos de fachada de ladrillo de diferentes formas se convirtieron en moda en el siglo XVIII. Los ladrillos ordinarios para la mampos-



Figura 2
Un puente hecho de adobe en el camino entre Cantona y Oriental (Puebla, México)

tería tenían un tamaño de 28 × 14 × 7 cm,[3] eran macizos y muy quebradizos debido a la temperatura de cocción baja e inconstante. No obstante, sólo se utilizaban en componentes arquitectónicos de carga elevada sujeta a fuerza de presión, como arcos y dinteles de puertas y ventanas. En la arquitectura de viviendas de la época virreinal no puede observarse mampostería de ladrillo, sólo se empleaban ladrillos rotos o mal cocidos en la mampostería común como «cal y canto».

Durante la Independencia el repunte en el establecimiento de haciendas con su gran necesidad de construcciones tanto para la vivienda como para los servicios y la industria conduce a un aumento en la producción de ladrillos cocidos que muchas veces conlleva a la instalación permanente de ladrillares en la propia estancia. Para dar un ejemplo: El empresario Juan Domingo Matienzo Torres[4] había heredado el rancho San José Atícpac en el municipio de San Andrés Cholula[5] y lo modernizó, convirtiéndolo en un rancho de establos de ganado de leche y de hornos de ladrillos. En este rancho disponía de dos hornos: uno grande y otro pequeño, cuyo fuego para la cocción se alimentaba con leña o carbón de leña. El rancho y sus dos haciendas tenían una función complementaria: proveían con los ladrillos de producción propia entre 1894 y 1898 la construcción del casco de una nueva fábrica.

Un horno de ladrillo para uso permanente se encuentra todavía en la Ex-Hacienda de San Diego Xocoyucan (Icaza 1990, 300-302). Este horno está hecho de mampostería sobre una planta cuadrada.



Figura 3
El horno de ladrillo en la Ex-Hacienda de San Diego Xocoyucan

Debido a su altura dispone de una escalera helicoidal en su parte exterior que permite el acceso a los vanos previstos para introducir o extraer el material. La parte superior está cubierta con una bóveda de mampostería que termina en una chimenea. Este edificio es uno de los pocos ejemplos de hornos permanentes que se pueden estudiar todavía en México.

La fabricación y el uso de ladrillos cocidos en la región de Puebla representan un elemento decisivo para la producción arquitectónica tanto histórica como actual. Sin embargo, este material de construcción no sustituye completamente la elaboración tradicional de adobe. De los 2.838 ladrillares registradas en el estado de Puebla en el año de 2009, más de 500 se concentran en el municipio de San Pedro Cholula[6] lo cual convierte a Puebla en la entidad con el mayor número de hornos en México.

En la actualidad los ladrillos producidos en la región de Puebla se emplean sobre todo en la construcción de viviendas pero también en edificios mayores para la industria, la administración y educación así como para iglesias. Debido a su capacidad de carga reducida, el ladrillo se emplea como relleno del entramado en los esqueletos de hormigón armado. Este tipo de construcción rígida se emplea sobre todo para



Figura 4
Construcciones típicas de ladrillo en la región de Cholula (Puebla, México)

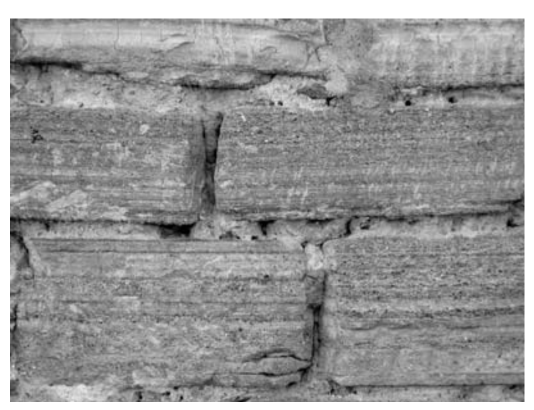


Figura 5
Muro típico de tepetate

prevenir daños por los temblores frecuentes. La alta capilaridad de los ladrillos (Seele 1968, 206) ocasiona buenas condiciones térmicas en la mampostería que a su vez requiere de un revoque que evita que se humedezca.

Las materias primas y su procedencia

La cuenca de Puebla y Tlaxcala, rodeada de volcanes, es cubierta con una capa gruesa (mayor de 10 cm) de tobas y cenizas volcánicas, un material duro que se emplea en la construcción y que se llama *tepetate* en la región de Puebla (Seele 1968, 195-196). La palabra viene del nahua y se compone de las palabras tetl (piedra) y patlatl (estera). La capa superior del tepetate se considera como *arcilla* aunque «se trata menos de un material con un alto contenido de greda sino más bien de un material limonoso-arenoso con una parte reducida de cal» (Seele 1968, 196). Un estudio mas profundo y posterior (Aeppli y Schönhals 1975, 8) reconoce que el estrato de *tepetate* «aparece cubierto por un material en el que . . . se ha desarrollado un suelo de color parduzco rojizo amarillento muy rico en arcilla» Este es el material que forma el componente principal para la producción de ladrillos.

En el mapa que presentan Aeppli y Schönhals (Aeppli y Schönhals 1975) se notan claramente los yacimientos enormes de material arcilloso, que llaman «barros típicos» al norte de la carretera que conecta Puebla, Cholula y Huejotzingo, la zona donde se encuentran los ladrillares. En estos suelos, que llaman «barros típicos», se observa (Aeppli y Schönhals 1975, 75-76) una gran cantidad de variedades en su composición que se ven reflejadas en la práctica de los ladrillares por los diferentes materiales y sus respectivas mezclas que se emplean en la producción de ladrillos, lajas y tejas.

Los terrenos donde se extrae el material son originalmente campos de cultivo. Se arriendan a comer-



Figura 6
Un yacimiento de «barro típico» con la chimenea, el chacuaco, de una fábrica- hoy abandonada- de ladrillos semiindustriales en el fondo

ciantes o directamente a los ladrillares para su explotación. En la medida que se extrae la arcilla, se baja el nivel del suelo, llegando a horizontes de tierras infértiles. Sobre todo en la temporada de lluvias los yacimientos se llenan de agua.

Las herramientas y la maquinaria usadas

Las herramientas usadas en la producción de ladrillos son sumamente sencillas, ya que la mayor parte del trabajo depende de la habilidad del artesano y su mano de obra. Tan solo la extracción del barro de los depósitos se efectúa en la mayoría de los sitios con maquinaria pesada, excavadoras y planeadoras-oruga. Para el transporte del material excavado hacia los ladrillares se usan, como los caminos son primordialmente de tierra y normalmente cortos, camiones con tinas planas sin bordes, relativamente viejos y ajustadas a las necesidades. Cuando Seele escribió su artículo en 1968 la extracción del material se realizó todavía completamente a mano y el material se transportó en cestos y sacos sobre las espaldas de mulas (Seele 1968, 197).

El material, una vez depositado en el ladrillar, se mueve en una carretilla de mano sobre el terreno. La pala y la rastra ayudan a cargar la carretilla y sirven para desbaratar y mezclar el material. Tan solo en algunos lugares se usan mezcladoras mecánicas o eléctricas. Para lograr una masa homogénea, manejable y blanda se le agrega agua. Por supuesto la disponibilidad de agua es fundamental para los ladrillares.

Para el moldeo de los ladrillos crudos el artesano dispone de unas gaveras de madera, donde se pueden formar hasta nueve ladrillos a la vez. Los tamaños de las gaveras, hechos por el propio artesano, corresponden a los productos finales que ofrece el taller. Un rasero de metal sirve para el maestrado del material crudo en la gavera.

El equipo más importante es el horno: Es un edificio cuadrado de alrededor de 3,50 × 3,50 m de superficie y como 4 m de altura construido de muros de ladrillo –u otro material resistente al fuego como el tepetate o adobe- apilado con mortero en sus partes inferiores y sin mortero en las partes superiores. Ajaba, a un lado del horno se ubica la cámara donde se produce el fuego, en la región de Puebla normalmente un quemador de petróleo crudo. A un lado del horno se encuentra también el depósito de combustible.

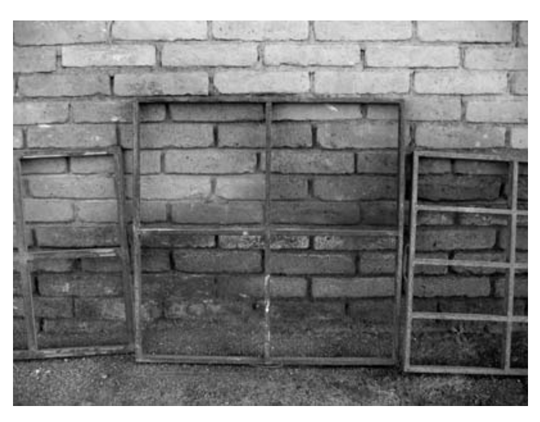


Figura 7
Algunas de las gaveras que se usan en un ladrillar de Cholula (Puebla)

Estos hornos no son construcciones permanentes, sino se construyen solamente para el tiempo necesario y en un lugar apropiado para el ciclo de trabajo.

Aparte de este equipo modesto se necesitan habilidades técnicas, conocimientos profundos –transferi-



Figura 8
Un horno típico de ladrillo en la región de Cholula

dos por tradición oral- del material usado y sobre todo muchas manos –lamentablemente a veces también de menores- para la producción de ladrillos.

El proceso de preparación y cocción de los ladrillos

La materia prima para la producción de los ladrillos se extrae de los yacimientos entre Cholula y Huejotzingo y se transporta en camiones de carga al ladrillar (que en México se le llama *ladrillera*). El artesano paga prácticamente solo el precio del transporte porque la misma materia prima casi ni se valora ni se contabiliza. De esta manera el ladrillar se surte de los diferentes tipos de arcilla que necesita para la producción. En la zona estudiada ya no se extrae la materia prima —como es costumbre en muchos otros lugares— del mismo terreno donde se halla el ladrillar tanto porque ya se agotaron los yacimientos propios —donde los había— como por razones de accesibilidad a la carretera, ya que este procedimiento conduce al hundimiento gradual del ladrillar.

Una vez en el sitio se amontona el barro a la intemperie en diversas zonas del terreno de acuerdo a sus características y procedencia. Se humedece y se voltea con palas varias veces para desbaratar los terrones. Revuelto de esta manera, se coloca en un depósito hecho en el suelo en donde se mezcla con más agua hasta formar una masa que pueda ser manejada con menos esfuerzo. De acuerdo a la temporada los depósitos se cubren con lonas para protegerlos del sol o de la lluvia.

Mientras que el ladrillo cocido se produce casi constantemente durante todo el año (la cantidad se reduce ligeramente durante la temporada de lluvias), el adobe se puede elaborar tan solo durante la temporada seca.

Dependiendo del producto final que se desea obtener se usan mezclas de diferentes tipos de arcilla o barro, procediendo de distintos lugares. Esta práctica se observa en todos los ladrillares de la región.

En un ladrillar en el camino entre Cholula y Huejotzingo, visitado el 22.09.2007, el dueño indica que usa «tierra», «barro» y «masa de tierra con barro y agua». Mas específica es la información obtenida en un ladrillar del barrio de San Lucas en San Pedro Cholula. El artesano —un joven de a penas 18 años pero ya todo un profesional— explica que ellos mezclan, por ejemplo, barro amarillo con ceniza y tepetate, pero también tierra amarilla y «negra». De esta manera se hacen mezclas de hasta cinco componentes. La relación entre de los ingredientes y su dosificación son cosa de experiencia y no se miden.

Uno de los ladrillares grandes de Cholula se encuentra en el barrio de San Matías Cocoyotla y fue estudiado el 24.09.2007, una visita que resultó ser la más específica. El artesano describe la materia prima que usa y muestra los montones de:

1. Tepetate de Santa Barbara, que se usa también en la elaboración del adobe.
2. Tierra amarilla de San Juan Tlautla.
3. Barro de Chacuaco (Los Reyes Tlauichicolpan).
4. Barro de Zacatepec.
5. Tierra guesa de Coapa.

Para los ladrillos, lajas y tejas que produce explica como se preparan las diferentes mezclas:

A. La masa para lajas de 40 × 40 × 5 cm. contiene 8 partes de barro, 14 partes tierra amarilla y 6 partes de tierra gruesa.
B. La masa para lajas de 25 × 25 × 2,5 cm. y de 30 × 30 × 2,5 cm. se producen con una parte de barro, 1,2 partes de tierra amarilla y una parte de tierra gruesa.
C. La masa para ladrillos regulares de 23 × 12 × 6 cm. contiene 6 partes de barro, 14 partes de tierra amarilla y 4 partes tierra gruesa.
D. Las tejas se producen con una masa que consiste de 4 partes barro, 1,5 partes de tierra amarilla y una parte de tierra gruesa.

En una fosa hecha al propósito se prepara una mezcla de estos ingredientes con palas y después de amasarla se pisotea ligeramente. Ésta masa se deja reposar algunos días al cubierto. Tan solo uno de los ladrillares visitados tiene una pequeña mezcladora con motor eléctrico para mezclar cantidades pequeñas que se necesitan para productos especiales.

En otras zonas de México, como en Papantla (Veracruz) se usa un equipo sencillo pero eficaz, parecido a una noria, para mezclar y ablandar el barro: En medio de un terreno circular se implanta una tranca. En ella se fija un palo horizontal con un estribo o yugo que, movido por un hombre o un animal dando



Figura 9
La mezcladora artesanal de Papantla



vueltas circulares sobre el barro extendido, pisa la masa para ablandar y mezclarla.

Una vez reposada la masa, el artesano procede a formar los ladrillos crudos en gaveras, que, de acuerdo a los tamaños deseados para los ladrillos, tienen diferentes formas y capacidades (véase también figura 7). La gavera se coloca en el suelo plano y arenoso y se moja antes de colocar la masa para que se puedan retirar fácilmente los ladrillos crudos después de que hayan adaptados sus debidas formas. Apretando la masa con las manos el artesano procura que se llenen bien los rincones de la gavera. Con un rasero se aplica finalmente un maestrado a la gavera llena para quitar el resto de masa y para obtener una superficie plana. Las tejas obtienen su forma al doblar lajas trapezoidales crudas sobre el muslo del artesano.

De esta manera un hombre puede producir entre 2000 y 3000 ladrillos por semana. Por lo regular este proceso se ejecuta al aire libre, tan solo algunos talleres tienen el lujo de un cobertizo para esta tarea.

Ahora se retira la gavera y enseguida los ladrillos crudos se apilan en forma de «enrejado» o simplemente «tendidos». Colocados de estas formas tienen que secarse durante tres días (para ladrillos, máximo cuatro días de acuerdo a las condiciones climáticas). Los ladrillos cuadrados y planos se secan tendidos solamente durante dos días. Los ladrillos más grandes, las lajas de 60 × 60 × 5 cm. y de 40 × 40 × 5 cm. tienen que secar durante 1 fi semanas. De esta manera el artesano logra para cada uno de sus productos un rápido y total secado que evita a la vez que se agriete el ladrillo durante este proceso.





Figuras 10 a 12
El proceso de formar los ladrillos crudos en la gavera



Figura 13
Ladrillos crudos apilados en hileras largas para el secado



Figura 14
El acomodo de ladrillos en el horno en San Matías Cocoyotla

Una vez secados los ladrillos crudos, el artesano puede proceder a cocerlos en los típicos hornos con sus muros de adobes o de ladrillos. Estos hornos están enterrados hasta un metro de profundidad en su parte inferior y tienen canales en el piso que sirven de fogones. Al lado se ubica una cámara para el fuego. En la frente se abre un portón grande para poder meter y sacar el ladrillo que se cierra con ladrillos apilados durante el proceso de cocción.

El acomodo del ladrillo crudo se hace separando uno del otro en forma de capuchino en las filas de inferiores, mientras que desde la 32 hilada en adelante se coloca a tizón, dejando huecos entre pieza y pieza para permitir el paso del humo y del calor. La capacidad de los hornos depende principalmente del tamaño de ellos mismos, sin embargo un horno regular de 3,5 × 3,5 × 4 m tiene en promedio una capacidad de 20.000 ladrillos. Para llenar un horno completamente de ladillos crudos el artesano necesita la producción de 4 a 6 semanas. Una vez lleno el horno procede con la cocción. En el ejemplo del ladrillar en el barrio de San Matías Cocoyotla de Cholula la capacidad del horno cargado es de: 10.500 ladrillos (que en México también se llaman *tabiques*), 12.000 tejas, 1.000 lajas de 40 × 40 cm. en el centro y 2.000 lajas de 30 × 30 cm. como capa superior. En la temporada de lluvias el horno se tapa provisionalmente con lámina de cinc durante el apilamiento de los ladrillos crudos. Este techo se quita al encender al horno.

Llenado el horno, se tapan las puertas con ladrillo, adobe o tepetate y con mortero de barro. El techo se deja abierto. Ahora se procede a encender el fuego, que en Cholula se alimenta con petróleo crudo. Para la cocción o «quema» llega un «quemador» al ladrillar. El es un experto que se dedica exclusivamente al control del fuego y de la temperatura y es el único que maneja y conoce la temperatura.

Se usan hasta tres quemadores, que los artesanos llaman «bocas», equipados con sopletes de petróleo crudo que mezclan el petróleo con vapor de agua a presión para que se queme mejor y se disperse bien en el horno. Para una cocción de 32.000 ladrillos se usan 2.700 litros de petróleo crudo. Los ladrillos se cuecen durante 20 hasta 24 horas a una temperatura de 850 a 1100 ° C hasta que las llamas salen del techo de horno.

En otras zonas de México y América Latina se usa tradicionalmente también la leña o carbón de leña como combustible para los ladrillares: un material que hace difícil el control de la temperatura que sería decisivo para un resultado bueno y uniforme. Ecológicamente sumamente dañino es la quema de desechos de plástico y de llantas para la cocción, una práctica empleada en las zonas económicamente más débiles del continente.

Cunado se apaga el fuego el techo del horno se cubre con ladrillos medio-cocidos para asegurar un enfriamiento lento y uniforme durante dos o tres días. En este tiempo no se debe de dejar ninguna puerta y grieta abierta, porque cuando el material se enfría bruscamente, se rompe. Del horno enfriado se quitan los ladrillos, ahora cocidos. Al terminar este proceso

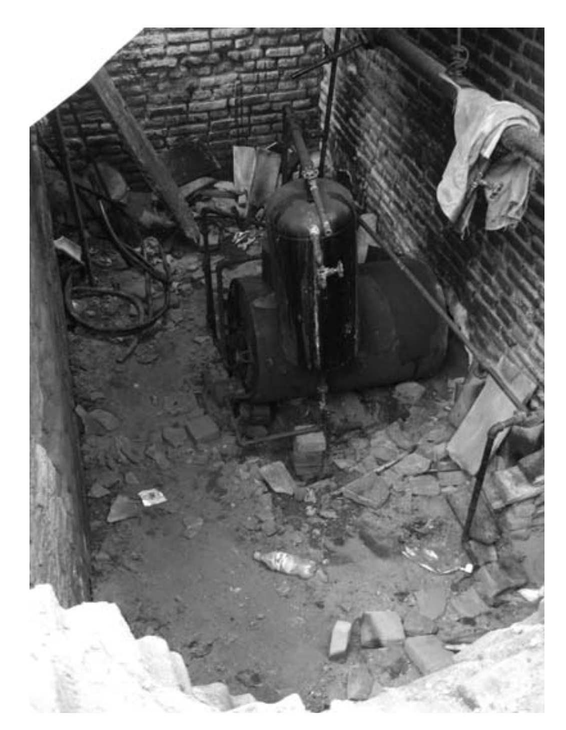


Figura 15
El quemador para calentar el horno

los ladrillos obtenidos tienen diferentes calidades físicas y ópticas porque la temperatura del horno, aún usando petróleo crudo, es sumamente difícil de controlar. Así los productos se tienen que clasificar al amontonarlos fuera del horno para su venta.

Existen varias clases de ladrillo: el ladrillo común, hecho de una mezcla mas pobre destinado a la construcción de mampostería sencilla; otros ladrillos se usan para las fachadas u otras superficies exteriores; el ladrillo refractario resiste temperaturas muy altas y se emplea para fabricar hornos y chimeneas. Las lajas se emplean para cubrir pisos en el exterior e interior de las casas. Además se producen tejas para cubrir los techos a manera de machihembrado.

El ladrillar de San Matías Cocoyotla en Cholula ofrece los siguientes tamaños de productos: Lajas de 40 × 40 × 5 cm., de 30 × 30 × 2,5 cm. y de 25 × 25 × 2,5 cm. Los ladrillos regulares miden 23 × 12 × 6 cm.. Las tejas tienen 1,5 cm. de espesor y 30 cm. de largo x 20 cm. de ancho en la base y una reducción cónica a 15 cm. Todas estas medidas no son normativas y pueden variar en otros lugares.

El costo de los ladrillos regulares para obras de albañilería es de 1.100 Pesos (mexicanos) por el millar, que equivale a 85 $US (65) en 2009. En el 1968 (Seele 1968, 205) el costo era de 150-160 Pesos (mexicanos) por el millar, que equivaldría 15 $US (60 DM) de entonces.

Fuera de los asentamientos humanos, que son el sitio tradicional para los ladrillares artesanales, se instalaron también, en medio de los yacimientos de arcilla, fábricas de ladrillo que producían ladrillos moldeados por extrusión en forma semi-industrial. Estos establecimientos eran permanentes tan solo por la temporada que valía la explotación de los yacimientos y se cambiaron de sitio cuando ya no era rentable. Del ladrillar semi-industrial en el barrio de San Lucas en San Pedro Cholula por ejemplo queda solamente el chacuaco con un horno grande (véase también figura 6). Seele informa que en el 1968 había dos de estas fábricas en la región, una en la Ciudad de Puebla y otra en San Pablo Xochimehuacan (Seele 1968, 203). Las dos ya no existen.

Las propiedades físicas

Los siguientes materiales de construcción se extrajeron en 2007 de diferentes tipos de edificios y ladrillares en Puebla y Cholula y se analizaron en el año siguiente en el Laboratorio de construcción maciza de la Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Fachhochschule Hildesheim/Holzminden[7] para averiguar su densidad aparente. Desafortunadamente no se pudo llevar el material en volúmenes suficientemente grandes que permitieran estudios más profundos.

Prueba N° 1. (18.09.2007) Puebla - Av. Palafox y Mendoza 222. Muestra de ladrillo tomado de un muro de separación en la cubierta, probablemente del S. XIX.

Prueba N° 2. (21.09.2007) San Francisco Totemihuacán. Ladrillo y revoque tomado de una letrina del Ex-Convento, S. XVI.

Prueba N° 4/4. (22.09.2007) Ladrillo de un ladrillar entre Cholula y Huejotzingo

Pruebas de la materia prima (24.09.2007)

Prueba N° 5/1. Tepetate de Santa Barbara (se usa también en la preparación del Adobe)
Prueba N° 5/2. Tierra amarilla de San Juan Tlautla
Prueba N° 5/3. Barro de Chacuaco (Los Reyes Tlauichicolpan)
Prueba N° 5/4. Barro de Zacatepec

Pruebas de productos (24.09.2007)

Prueba N° 6/1. Losa (40x40x5 cm.) de barro, tierra amarilla y tierra gruesa.
Prueba N° 6/2. Losa (30x30x2,5 cm.) de barro, tierra amarilla y tierra gruesa.
Prueba N° 6/3. Ladrillo (23x12x6 cm.) de barro, tierra amarilla y tierra gruesa.
Prueba N° 6/4. Teja de barro, tierra amarilla y tierra gruesa.

De acuerdo a éste análisis las pruebas se pueden clasificar por su densidad aparente en el la categoría que queda entre 1,6 g/cmΔ respectivamente 1,8 g/cmΔ de acuerdo a la norma alemana DIN 105. Estos datos se pueden comparar con dos estudios parecidos. El análisis de Seele (Seele 1968, 206) acaba por presentar una densidad de 1,55 g/cmΔ y una resistencia a la compresión de 111 kg/cm≈ de una muestra de ladrillo poblano. Comparado con ladrillos industriales, la densidad solamente presenta poca diferencia mientras que la resistencia a la compresión representa solamente una tercera parte. Un análisis similar de adobes realizado por Tyrakowski (Tyrakowski 1983, 169) da un resultado similar al presentar una densidad de 1,5 g/cmΔ tanto para un adobe de 80 y de 30 años de edad. La resistencia a la compresión de las muestras era de 4,82 kg/cm≈ para el adobe de 30 y de 6,2 kg/cm≈ para el de 80 años de edad.

Conclusión

El análisis de las propiedades físicas de los ladrillos artesanales de la región de Puebla confirma su competitividad con los productos industriales en cuanto a calidad y precio. La reducida capacidad de carga se compensa por el uso que se le da como relleno de entramados, mientras que sus calidades térmicas favorables son un fuerte argumento a favor de su empleo en la construcción. Esta tradición de producir ladillos artesanalmente se puede mantener en la región de Puebla tan solo a través del empleo de todos los miembros de una familia y porque aún así los ingresos de los artesanos son bajos, pero relativamente seguros.

El problema más grande constituye, aparte de la destrucción de suelos cultivables, el alto grado de contaminación ambiental ocasionado por la quema de petróleo crudo. De los más de 500 ladrillares asentadas en Cholula, el 60 % no cubre con las medidas básicas de seguridad e higiene ni emprende acciones para mitigar la contaminación del aire.[8]

N° de	Lugar	M^{seco} [g]	$M^{saturado}$ [g]	$M^{saturado}$ y w. [g]	p = M^{seco}/($M^{saturado}$ y prueba w.-$M^{saturado}$) [g/cm³]
1	Puebla	531,70	614,83	302,86	**1,70**
2	Totemihuacan	275,12	324,56	161,13	**1,68**
4 / 4	Cholula/Huetz.	28,28	35,75	16,19	**1,45**
5 / 1	Cholula	101,51	119,88	57,01	**1,61**
5 / 2	Cholula	70,30	86,62	40,75	**1,53**
5 / 3	Cholula	36,61	44,15	21,24	**1,60**
5 / 4	Cholula	49,06	58,45	28,64	**1,65**
6 / 1	Puebla	4,60	5,02	2,28	**1,68**
6 / 2	Puebla	85,19	96,62	48,11	**1,76**
6 / 3	Puebla	79,47	96,87	47,10	**1,60**
6 / 4	Puebla	15,73	18,38	9,35	**1,74**

Notas

Dirk Bühler es Doctor en Arquitectura por la Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aquisgrán (Alemania) y trabaja como director del área de tecnología del Deutsches Museum en Munich (Alemania). Se dedica a la investigación de historia de la arquitectura y de la construcción en América Latina y ha publicado libros y un sinnúmero de artículos sobre la historia de la arquitectura civil en Puebla y la construcción de puentes en todo el mundo; además era profesor de El Colegio de Puebla y de La Universidad de las Américas Puebla.

Agradezco profundamente al apoyo financiero del Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) en Bonn (Alemania) y la hospitalidad brindada por la Fundación Manuel Toussaint en Puebla sin los que no se podría haber realizado este trabajo.

1. Fernández de Echeverría y Veytia, Mariano. 1962. *Historia de la Fundación de la Ciudad de Puebla de los Ángeles en la Nueva España su Descripción y presente Estado*, vol. 1, p. 288. Puebla. Edición facsimilar. Sobre el adobe véase p. 57
2. Bühler, Dirk. 2009. «Los Puentes de la Ciudad de Puebla». En Loreto, Rosalva (coord.). *Agua, Poder Urbano y Metabolismo Social,* 77-130. Puebla: BUAP.
3. Medidas históricas. Drewes, Michael. 1984. *Das Colegio de Christo, ein Mexikanisches Unterrichtsgebäude aus der Barockzeit und seine baugeschichtliche Entwicklung,* 134. Kaiserslautern
4. Liehr, Reinhard y Toxqui, Mayra Gabriela. 2011. «Empresas familiares porfirianas de la industria textil de Puebla en el mercado nacional y el atlántico, 1877-1895». En Kuntz Ficker, Sandra y Liehr, Reinhard (coords.). *Estudios sobre la historia económica de Mexico desde la época de la independencia hasta la primera globalización*. Madrid
5. AFM (Archivo Familia Matienzo en Archivo Emilio Maurer Sucesores, Atlixco, Puebla), caja 3, Autos de las Testamentarías del Sr. Juan Fran[cis]co Matienzo y de la Sra. Ma. Josefa Torres de Matienzo, fols. 178r. y 185v.-186v.
6. Según informa la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) del Estado de Puebla.
7. Agradezco el apoyo que me dieron los Profesores Dr. Birgit Franz y Dr. Georg Maybaum con el análisis que se efectuó en el laboratorio de su Universidad de Hildesheim/Holzminden.
8. Dirección de Protección Civil Municipal, Puebla 2009

Lista de referencias

Aeppli, Hans y Schönhals, Ernst. 1975. *Los suelos de la cuenca de Puebla-Tlaxcala*. Wiesbaden: Steiner Verlag.

Bender, Willi. 2004. «Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker». *Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie* V. Bonn

Bühler, Dirk. 2001. *Puebla-Patrimonio de arquitectura civil del Virreinato*. München

Icaza Lomelí, Leonardo. 1990. *Arquitectura Civil en la Nueva España. 25 ejemplos de la Región Puebla-Tlaxcala*. Tesis de doctorado UNAM. México.

Noguera, Eduardo. 1928. «El Ladrillo como Material de Construcción entre los Pueblos Nahuas». *Revista Mexicana de Estudios Históricos* 2: 64-68.

Seele, Enno. 1968. «Die Zigelherstellung im Becken von Puebla-Tlaxcala». En Tichy, Franz. *El proyecto México de la Fundación Alemana para la investigación científica, I, Informe sobre los trabajos iniciados y proyectados*, pp. 194-208. Wiesbaden

Tyrakowski, Konrad. 1983. «Adobe: Un material constructivo tradicional del altiplano mexicano». En *Jahrbuch für Geschichte von Staat, Wirtschaft und Gesellschaft Lateinamerikas* 20. Köln/Wien

Las técnicas tradicionales de construcción de madera. Iglesias de madera de *Maramureş* como interpretación del gótico

Cãtãlina Gabriela Bulborea

Síntesis entre la expresividad de la arquitectura gótica y el dominio de trabajar la madera en las técnicas tradicionales, las iglesias de Maramureş son el resultado exceptional de un contexto cultural e histórico único, estado reconocido por la designación de ocho de ellos en el Patrimonio Mundial UNESCO. Construidas por las comunidades rurales formadas, al largo del tiempo, en las valles de esta misma region montañosa, las iglesias de Maramureş estan estrechamente relacionadas con las casas campesinas de madera especificas para la región.

La influencia del gótico tardío, entrado en Transilvania en el siglo XV, trasplantada en la conformación espacial dictada por los requisitos de culto ortodoxo, pagaria dos siglos más tarde. Alzadas por equipos de artesanos de situación similar a los miembros de los gremios de canteros de Europa Occidental, estas iglesias son erigidas en la técnica Blockbau con juntas ingeniosas, hechas sin usar hierro y con tejados cubiertos con escalas de madera o «*şindrilã*». La silueta de inspiración gótica está marcada por la torre campanario que se eleva sobre el lado oeste, llegando a veces a alturas de más de 50 metros. Las técnicas tradicionales se utilizan hoy en día para la restauración de estos monumentos.

En un país con 22 millones de habitantes entre los cuales casi 87% son ortodoxos, el Patriarcado Rumano declaraba en 2007 que existían más de 14000 lugares de cultos ortodoxos, entre los cuales monasterios, iglesias parroquiales, capillas y lugares para los rezos. La mayoría de los mismos está representada por las iglesias parroquiales, entre las que se conservan en el presente más de 12000 iglesias de madera construidas antes de 1900, esparcidas en todo el país, y sobre todo en las zonas subalpinas cubierta*s de bosques. Las zonas con mayor concentración de iglesias de madera están ubicadas en los actuales distritos de Maramureţ, Nãsãud y Sãlaj.*

Conquistada por los húngaros poco tiempo antes de la Gran Escisión, Transilvania iba a ser marcada durante nueve siglos por varias confesiones religiosas adoptadas por sus habitantes. La opción del pueblo de origen rumano para la ortodoxia, en oposición con la religión católica de los líderes húngaros, iba a aportarle al mismo numerosas desventajas en plan social y económico. En los primeros siglos después de la conquista, la autoridad papal doblaba a la laica y, en interés de ambos poderes, algunas órdenes monacales católicas estaban invitadas a construir aquí monasterios. Por lo cual, a principios del siglo XII estaban presentes aquí los dominicanos, los benedictinos, luego los premonstratenses, los cistercienses, los teutones, seguidos por otras órdenes que estaban sujetas todas al directo patrocinio de Roma y que desarrollaban actividades misioneras.

Cada una de estas organizaciones religiosas edificó sus propios lugares de culto según el estilo de la época – el románico. Pero, con la aparición de las abadías cistercienses, el gótico temprano burgundio hace su estreno en Transilvania durante el siglo XIII y está difundido en las iglesias y luego en las catedrales de los sajones, colones de origen sajona llama-

dos aquí a principios del siglo XII por los reyes húngaros para construir asentamientos y desarrollar económicamente el territorio. Beneficiarias de unos privilegios reales (exentas de cánones, libertades comerciales), las comunidades sajonas tendrán una evolución próspera y construirán varios edificios de culto que diseminarán el gusto para el estilo gótico en toda la provincia.

El estado material de las comunidades rumanas, que no gozaban de los privilegios reales ofrecidos a los sajones, estaba lejos de permitirles construir otros centros de culto que de madera. Además, en un país dominado por la realeza húngara católica, la libertad religiosa de los creyentes ortodoxos estaba restringida. Para reunir a los «escisionistas» bajo la autoridad papal, a lo largo del tiempo se les ofrecieron a los mismos numerosos privilegios sociales y económicos a cambio de su renuncia a la ortodoxia. Cerca del año 1700 una parte del clérigo ortodoxo de Transilvania aceptaba su unión con Roma y así nacía el culto griego-católico, la iglesia católica de rito bizantino. Una parte del pueblo ha aceptado la nueva confesión, pero muchas comunidades se quedaron con la ortodoxia.

El Maramureş histórico, que solo parcialmente coincide con el distrito de hoy, ha tenido un especial estatuto hasta el siglo XIV, siendo un voivodato dirigido por un wojewoda elegido entre los comandantes de las comunidades rurales libres. Ulteriormente, llegó a ser un condado, parte del reino húngaro, pero dirigido también por un príncipe local, recibido en el seno de la nobleza húngara. Gozando de alguna autonomía, las comunidades rurales vivían en asentamientos situados a lo largo de las valles de los ríos y se ocupaban principalmente con la explotación de la madera y la cría de ganado. Las casas y las dependencias domésticas estaban construidas de madera sobre fundaciones de piedra. El núcleo de los asentamientos lo constituía la iglesia, hecha también de madera, ubicada en el centro de la aldea (figura 1).

Para la datación de estas iglesias, se hizo referencia a los siglos XIV–XV (Ieud - Deal, *Apşa de Mijloc*), pero la mayoría están construidas en los siglos XVII–XVIII. Su fechado exacto resulta muy difícil por causa de las numerosas modificaciones (extensiones) aportadas a lo largo del tiempo, así como de los traspasos bastante frecuentes de una aldea a otra. La composición constructiva es la que ha permitido esta situación poco común.

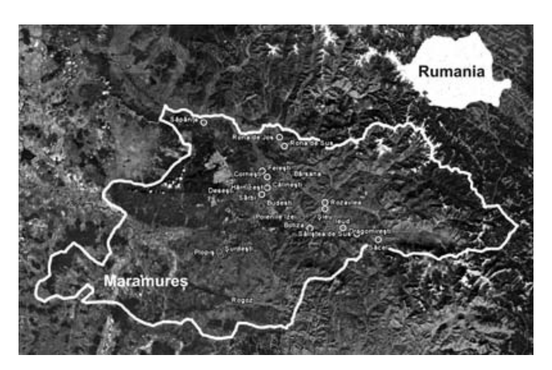


Figura 1
La mapa de Maramureş con algunas de las iglesias de madera. En rojo, los ocho monumentos de la UNESCO

Estas iglesias están construidas de coronas de vigas horizontales talladas con la hacha, sentadas sobre una fundación de piedra, de costumbre en las colinas, dominando la aldea. Las esencias leñosas varían en función de la zona: en la valle de los ríos Mara y Cosău se está construyendo de madera de roble, y en la valle de Iza y de Vişeu se utiliza la madera de abeto y picea. En general de pequeñas dimensiones (4 × 8, 5 × 10) con una proporción entre las caras que varía entre 1:2 y 1:2.5, las iglesias presentan un plan rectangular con una sola nave. El conjunto de habitaciones en el eje oeste-este sigue el diseño exigido por el culto ortodoxo: el nártex (precedido en general por un anteportal abierto), la nave y el ábside del altar, de forma cuadrada o poligonal. El nártex es el lugar tradicionalmente reservado a las mujeres que asisten a la Mesa, los hombres ocupan la nave y el altar es el espacio reservado al sacerdote.

El anteportal simple o sobreedificado *(Borşa, Rona de Jos, Bârsana, Sãliţtea de Sus*) está sostenido por pilares con talladuras y tiene arcos con puntales, ingeniosamente unidos (figuras 2 y 3). El nártex es rectangular, y en algunas iglesias del siglo XVII poligonal (Sf. Arhangheli de Dobricul *Lãpuţului), y tiene el techo derecho*. La nave está cubierta de una bóveda cilíndrica sobre elevada que no se apoya en las paredes, sino en un sistema de vigas y ménsulas que se retiran al interior de las paredes (figuras 4 y 15). Como consecuencia, en el exterior los techos tienen doble borde: un alero para paredes y el techo propiamente dicho de la bóveda cilíndrica (figura 2). Por este motivo, el aspecto exterior «recuerda a las igle-



Figura 2
Bârsana: anteportal sobreedificado con arcos. (Todas las fotos están realizadas por el autor en septiembre de 2011)

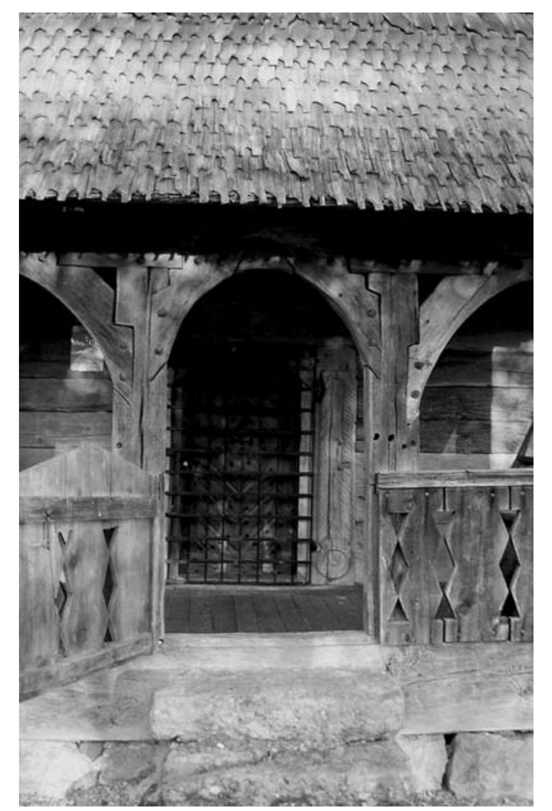


Figura 3
Bârsana: los arcos del portico – detalle de articulación

sias de tipo basilical de la arquitectura románica y gótica (que a diferencia de nuestras iglesias tienen tres naves, la nave central recibiendo luz a través de las ventanas situadas encima del techo de las naves centrales)» (Pascu et al. 1982, 102).

El ábside del altar tiene en general forma poligonal (figura 5), desconectado en concordancia con la nave y a veces cubierto de un tipo de semicopa esférica compuesta de caras triangulares, levemente arqueadas, apoyadas en nervaduras de madera, «un intento de transponer en madera las bóvedas de la arquitectura de piedra» (Tarnavschi Schuster 1973, 53). La desconexión del ábside en concordancia con la nave tiene como causa la necesidad de evitar las intersecciones de tres vigas que hubieran puesto problemas técnicos de difícil resolución.

El techo tiene aleros largos y desniveles grandes dictados por el régimen de las precipitaciones atmosféricas abundantes y la necesidad de que dichas precipitaciones se deslicen cuanto antes de las cubiertas para no afectar al material perecedero de la cubierta (en general escalas de madera martilleada en dos filas alternativas, para una mejor protección). La torre del campanario, siempre posicionado encima del nártex, se apoya en un sistema de vigas fuertes colocado encima del techo del nártex (figura 6). Es un cuerpo en forma de cuadrilátero u octógono, vestido de teja de madera, surmontado de una o dos galerías sobrepuestas, con arcos y barandilla calada, donde está ubicado el cuarto de las campanas (figura 7). Es interesante el hecho de que la precursora de la torre encima del nártex era un simple «campanil» que estaba ubicado en el patio de la iglesia y que amparaba la campana. El techo de la torre es un casco-flecha piramidal, con la base vuelta. Esta torre tenía que resistir



Figura 4
Sãliţtea de Sus: bóveda cilíndrica del nártex vista dentro de la torre del campanario



Figura 5
Budeşti-Susani: el ábside poligonal del altar con vigas juntadas en «cola de golondrina» y el techo que descansa en las consolas de las últimas vigas. Lado a lado, una ventana original y otra posteriormente ampliada

tanto a las vibraciones de las campanas, como al viento, bastante fuerte a la altura a la que llegaban las torres. Para eso, su estructura y la modalidad de combinar los elementos, con espigas de madera que atraviesan agujeros más grandes que el diámetro de los mismos, le permitía quedar flexible, de tal manera que los esfuerzos puedan disiparse sin afectar la estructura. La altura de la torre era dictada por las proporciones de la nave. La altura de la torre estaba en armonía con las proporciones de la nave, por que las cargas de la torre puedan ser transmitidas a esa nave de manera natural. Hoy en día, la torre de iglesia la más alta pertenece a la iglesia nueva de Sãpânţ*a* – Peri con la medida de 54 metros, la altura total de la iglesia llegando a los 78 m.

*En las iglesias más grandes (Sf. Ilie de Cupşeni, Sf. Arhangheli de S*toiceni, *Budeşti Josani, Şurdeşti), el casco de la torre cuenta con cuatro torrecillas en miniatura que le rodean, como resultado de la influencia de la arquitectura de la pared sajona que marcaba el derecho de juicio de una fortaleza* (figura 8). El historiador del arte Virgil Vãtãţianu concluía: «al considerar las particularidades formales de las torres de nuestras iglesias de madera, se puede suponer que la recepción del motivo ha ocurrido durante el período del gótico tardío o sea durante el siglo XV. La contaminación resulta de fácil explicación, puesto que la estructura del casco es también en las iglesias góticas la obra de los madereros» (Vãtãţianu 1960, 35 apud Pascu et al. 1982, 102).

Las coronas de vigas se sentaban en traviesas de madera, llamadas rastreles, sentados a su turno en un zócalo de cantos de río o piedra de carrera. Una descripción interesante de la manera utilizada en la



Figura 6
Sãliţtea de Sus: la estructura de la torre del campanario



Figura 7
Poienile Izei: la torre del campanario vestido de tejas de madera



Figura 8
Budeşti-Josani: campanario con cuatro torrecillas

construcción de una semejante iglesia nos ofrece Ioan Godea (Godea 1996, 51). Se cavaba un foso no muy profundo, en los rincones se ponían los cantos más grandes y por debajo de la solera las piedras más pequeñas ligadas con mortero de barro y cascabillo; con esta mezcla se alisaba también la parte superior de la fundación para que las soleras se asienten mejor; a menudo, delante del umbral de la entrada se fijaba como marcha una piedra de molino antiguo, que a causa del desgaste ya no se usaba más en el molino.

Si tenían a su disposición vigas suficientemente gruesas y largas, se adoptaba el sistema de las coronas de vigas horizontales ensambladas en juntas. Una parte de los elementos se trabajaba en el suelo, cerca del lugar fijado para la iglesia. Las vigas que componían las soleras, así como la siguiente fila, estaban forjadas y montadas en el suelo, luego transportadas en el lugar definitivo y fijadas entre sí con clavos de madera pasados por agujeros verticales barrenados manualmente en las juntas. Las demás vigas se trabajaban y se montaban a continuación, hasta alcanzar la altura establecida. Los elementos del armazón se montaban en la última corona también en el suelo, y luego con la torre se alzaban por segmentos y se montaban en su lugar.

Los equipos que hacían que estas obras fueron realizadas, fueron dirigidos por maestros cuyos nombres empiezan a ser conocidos desde el siglo XVIII. La base de conocimientos de esos maestros era muy superior a las habilidades de artesanos talladores en madera, lo que les daba un estatus social especial. Las técnicas de tallado utilizadas para crear las juntas en «lazos lisos», o en «cola de golondrina» fueron,

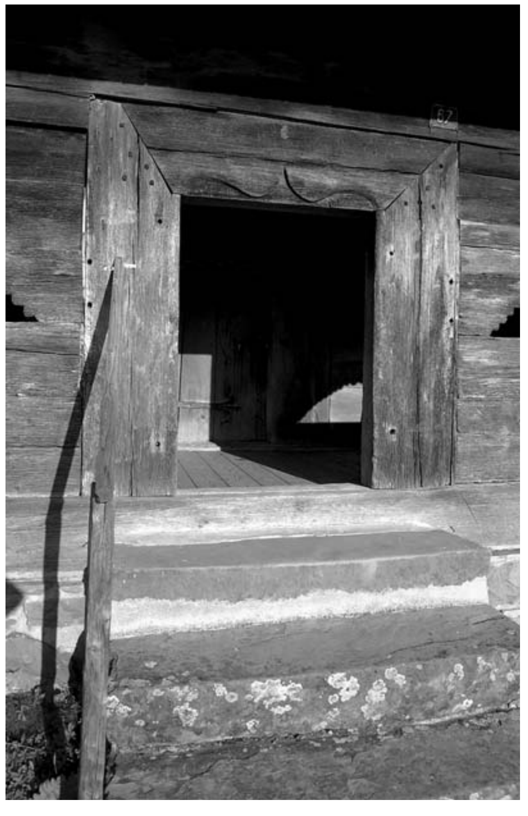


Figura 9
Rona de Jos: portal tallado

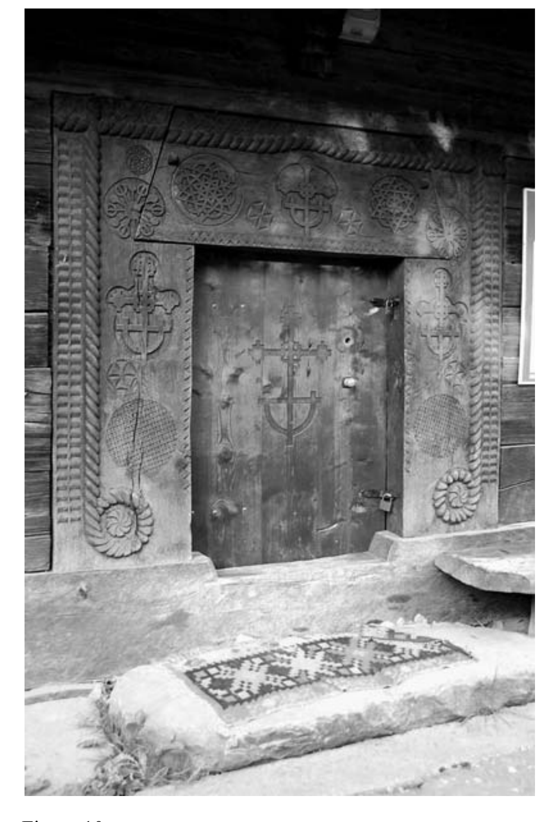


Figura 10
Budeşti-Josani: portal tallado

hasta los fines del siglo XIX, reservadas exclusivamente para los edificios religiosos, una prueba siendo el nombre que llevaban, a saber «lazos de la iglesia» (figura 5).

Cuando el espacio de la iglesia llegaba a ser insuficiente para las necesidades de la comunidad, la iglesia se podía extender mudando la pared del oeste. Otras veces las necesidades de la comunidad exigían trasladar la iglesia en otro emplazamiento o aún en otra aldea, y en este caso la antigua iglesia se vendía a otra comunidad, después de decidir la construcción de una nueva. Las vigas se marcaban, para poder montarlas otra vez fácilmente en el nuevo emplazamiento.

Los arcos de los porches y de las torretas, las consolas que soportan el techo, los pilares del porche y los marcos de las puertas siempre están tallados con motivos geométricos estilizados. A veces, las paredes están también talladas, lo más a menudo con un cinturón trenzado en forma de cuerda que rodea toda la iglesia y que recuerda el trenzado de piedra de origen armenio, tan presente en la arquitectura religiosa de la región vecina – Moldavia (figuras 2, 3, 10 y 11). Los motivos grabados en madera – diamantes, colmillos, ruedas/rosetas solares, el árbol de la vida – tienen el papel de ofrecer una carga simbólica del material de lo cual se construye la iglesia y también de crear una vibración de la superficie a través del juego de sombras y luces (figuras 3, 9, 10, 11 y 13). Las consolas que soportan el alero están talladas en forma de cabezas de caballo estilizado: el animal simbólicamente protector (figura 5). El mismo papel lo juegan los gallos y las serpientes, antiguos símbolos de protección. Tanto



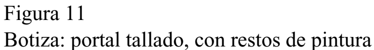
Figura 11

Botiza: portal tallado, con restos de pintura



Figura 12
Budeşti-Josani: ventana de la nave

en términos de repertorio decorativo, así que de la técnica empleada «no están diferentes de aquellas utilizadas en las casas de madera de esa región» (Pascu et al. 1982, 102).

En las iglesias del siglo XVII se encuentra frecuentemente en las puertas el corte tipo «abrazadera», «un detalle derivado de la arquitectura gótico de piedra» (Tarnavschi Schuster 1973, 57). Otras formas favoridas son el portal rectangular o tipo arco. Todos los portales están ricamente tallados con motivos repetitivos con simbología religiosa (figuras 9, 10 y 11). A diferencia de las puertas, las ventanas tienen cortes sencillos y los tamaños varían muchísimo, la mayoría perteneciendo a diferentes épocas. Esto se explica por la escasez del cristal en la era de la construcción de estas iglesias, por lo que en la mayoría de los casos la ventana era una simple caja cortada en las vigas de la pared, a través del cual la luz penetraba con bastante dificultad (figuras 12 y 13). Después, con la difusión de vidrio, las aberturas iníciales fueran ampliadas, sacrificado los cuadros y mutilando los murales (figura 5). Un destino similar comparten las aberturas en la pared que separa el nártex de la nave, aberturas situadas a ambos lados del portal de entrada y similares a unas ventanas a través de cuales las mujeres (ocupando el nártex) pueden ver lo que sucede en la nave (figura 14).

En el diseño de estas iglesias rara vez se encuentra el hierro: en los herrajes para puertas, a veces en cuanto ornamento y protección para las ventanas y las aberturas entre el nártex y la nave y las cruces en el pico de las torres (figuras 1, 13 y 14). Los clavos de hierro empezaron a ser utilizados mucho más tarde para la fijación de las tejas del techo.



Figura 14
*Deseşti: abertura en la pared que se*para el nártex de la nave

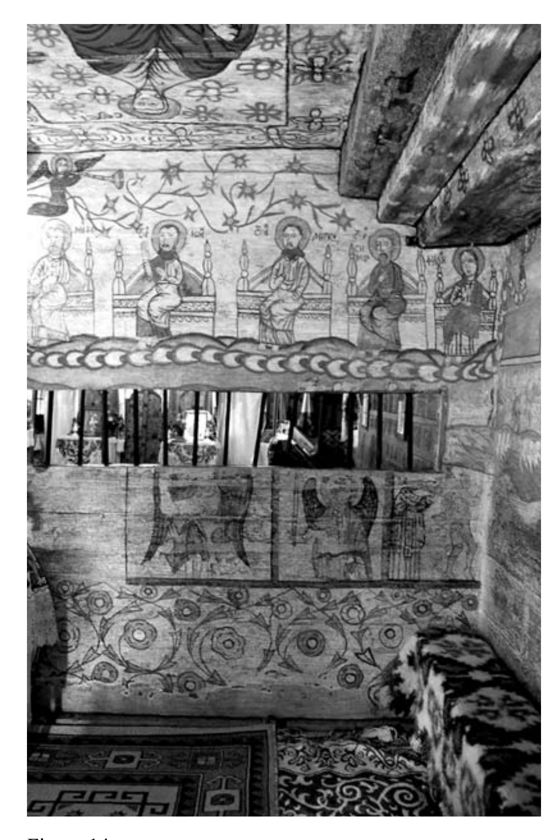


Figura 14
*Deseşti: abertura en la pared que se*para el nártex de la nave

En Maramureş, la pintura interior presenta también otras características. Las técnicas favoritas son, sea pintura en tempera directamente sobre madera o la aplicación de color sobre una capa de enlucido de cal para llenar los espacios entre las vigas de madera, sobre los cuales se pegaron tiras de tela de cáñamo (ibid., 44) (figuras 14 y 15). Frágiles solo en apariencia, estas pinturas han sobrevivido inesperadamente bien en el tiempo. A menudo, esos murales fueron repintados varias veces sobre la capa anterior, costumbre que dio lugar a los iconos con doble cara, que datan de diferentes épocas. Desde el siglo XVIII empezaron a funcionar en Maramureş centros y escuelas de pintura de carácter popular, lo que fue capaz de aumentar el nivel de conciencia de sí mismo en los artesanos pintores, cuyos nombres empiezan a hacerse conocidos de la misma edad. (Pascu et al. 1982, 105).

Las ocho iglesias incluidas en la Lista del Patrimonio Mundial son privilegiadas, en cuanto benefi-



Figura 15
Deseşti: bóveda pintada sobre la nave

cian de un programa de control del estado de conservación y siendo empleadas, en el culto, sea como iglesia parroquial (*Budeşti*–Josani – en rotación con la nueva iglesia, *Deseşti*, Pl*opiş*, *Şurdeşti*), o como «capillas» de las mismas (Bârsana, Ieud - Deal, La Valle de Iza, Rogoz). Muchas otras iglesias de madera han dejado de utilizarse por los creyentes, las comunidades eclesiales prefiriendo iglesias nuevas, «de pared», mas grandes, pero que han quitado poco a poco hasta enteramente la tradición constructiva del lugar. En cambio, la iglesia de madera *de Maramureş* se convirtió en un símbolo del espacio religioso rumano adoptado con entusiasmo por los rumanos en casi todas las zonas del país, incluyendo aquellos del extranjero, por lo que hoy nos encontramos en Dobrogea, en Bucarest, igual que en de los Estados Unidos, iglesias de madera *de Maramureş*.

Lista de referencias

Baia Mare: *Direcţia Judeţeanã pentru Culturã, Culte şi Patrimoniul Cultural Naţional Maramureş.*

Drãguţ, Vasile. *1976. Dicţionar enciclopedic de artã medievalã româneascã.* Bucureşti: Editura Ştiinţificã şi Enciclopedicã.

Drãguţ, Vasile. *1979. Arta goticã în România.* Bucureşti: Editura Meridiane

Georgescu, Vlad. 1992. *Istoria românilor – de la origini pânã în zilele noastre.* Bucureşti: Editura Humanitas.

Godea, Ioan.1996. *Biserici de lemn din România (nord-vestul Transilvaniei)*. Bucureşti: Editura Meridiane.

Ionescu, Grigore. 1937. *Istoria arhitecturii româneşti din cele mai vechi timpuri pânã la 1900.* Bucureşti: Editura Cartea Româneascã.

Marchiş, Ioan. *2009. Analiza stãrii de conservare şi modalitãţi de punere în valoare a celor 8 Biserici de lemn din Maramureş înscrise în Patrimoniul Mondial (UNESCO).*

Pascu, Ştefan *et al. 1982. Monumente istorice ţi de artã religioasã din arhiepiscopia Vadului, Feleacului ţi Clujului.* Cluj Napoca: Arhiepiscopia Ortodoxã Românã a Vadului, Feleacului ţi Clujului.

Tarnavschi Schuster, Dana. 1973. Biserici de lemn din çara Lãpuţului. *Buletinul Monumentelor Istorice* XLII 2.

Vãtãţianu, Virgil. 1959. Istoria artei feudale în şãrile Romîne, I. Bucureşti: Editura Academiei Republicii Populare Romîne.

Vãtãţianu, Virgil. *1960.* «Contribuţii la studiul tipologiei bisericilor de lemn din ţãrile române». *Anuarul Institutului de Istorie din Cluj-Napoca*. III: 35, apud Pascu et al.

La tecnica costruttiva del laterizio nell'architettura del Regionalismo Sivigliano

Carlos Alberto Cacciavillani

Il Regionalismo è un movimento architettonico che si sviluppa in Andalusia tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo, fino all'inizio della Guerra Civile. Quest'architettura si caratterizza per il proprio spiccato tradizionalismo estetico, conseguenza dello storicismo del XIX secolo, e in seguito trova la propria giustificazione all'interno dell'ideologia regionalista, salvo alcune importanti opere ascrivibili all'influenza modernista, vicine al linguaggio *Art Nouveau*.

Nella città di Siviglia e in tutta la zona circostante, in questo periodo si vuole perseguire il recupero del proprio glorioso passato artistico, con speciale predilezione per le fasi *mudéjar* e barocca. In nessun altro campo espressivo si assiste ad un'affermazione dello spirito regionalista come nel campo della costruzione: il numero e la qualità delle opere prodotte, il loro valore artistico e ruolo sociale, le finalità simboliche, la componente artigianale, il contributo alla definizione di un nuovo paesaggio urbano, fanno del Regionalismo architettonico un episodio culturale di grande valore.

Questo movimento segue le tendenze formali di altre epoche, creando edifici con carattere neomudéjar, neogotico, neoclassico o neobarocco, adottando materiali e tecniche, come stucco, ceramica e laterizio, tipici del luogo. In particolare, nell'ambito di questa produzione architettonica appare significativo approfondire l'utilizzo del mattone, della sua varietà tipologica e le relative soluzioni costruttive, con la finalità di precisare le origini storiche di tali soluzioni: dimensionamento e standardizzazione di elementi, connessioni e differenti modalità di montaggio per realizzare i diversi tipi di paramenti, porte, finestre, modanature ed elementi decorativi, applicati e posti in opera con flessibilità formale.

Per approfondire la tematica, un ruolo significativo hanno i disegni originali degli edifici studiati, come piante, sezioni e schizzi progettuali; risultano particolarmente utili, inoltre, le immagini d'epoca per l'analisi di quegli edifici che sono stati successivamente modificati oppure distrutti.

Attraverso l'accurata restituzione grafica dei più significativi elementi costruttivi e decorativi, nonché l'analisi dell'assemblaggio dei singoli componenti, è possibile comprendere le soluzioni tecniche adottate a Siviglia in questo periodo, dimostrando così le notevoli capacità nel campo della costruzione da parte degli architetti regionalisti, ma anche la preparazione delle maestranze che hanno costruito un repertorio di opere notevole, spesso qualificate dalla cura posta nella realizzazione del dettaglio tecnico.

Tra 1906 e 1910 il Regionalismo architettonico inizia a manifestarsi nell'opera di due importanti architetti: Aníbal González e Simón Barris. Con loro ha inizio una nuova fase nella storia dell'architettura sivigliana a partire da una nuova ricerca nel campo dello storicismo. Le loro prime opere si caratterizzano per un linguaggio compositivo ancora non definito e variano soprattutto tra il neorinascimento ed il neomudéjar; quest'ultimo, in particolare, rappresenta il punto di unione con l'Eclettismo del XIX ed ha un'importanza decisiva nelle prime fasi della produzione sivigliana.

Rispetto alle realizzazioni del secolo precedente, l'architettura sviluppata all'inizio del XX secolo appare meno aulica, anche perché i committenti, in generale, dispongono di minori mezzi economici: si procede alla costruzione soprattutto di case unifamiliari per commercianti e per la media borghesia, nonché di edifici per abitazioni d'affitto; proprio nelle classi sociali medie si diffonde un assiduo interesse per il fenomeno *mudéjar* nelle sue diverse manifestazioni locali.

Elemento significativo della scoperta, rinascita o rielaborazione dell'architettura *mudéjar*, è il rapporto fra le forme realizzate dei singoli componenti adottati, nonché la profonda varietà geometrica e dimensionale, propria dell'architettura presa come fonte d'ispirazione. Caratteristica di questo modello storico è la sua flessibilità, l'estrema attenzione verso gli elementi di rifinitura e l'ornamentazione; nell'architettura *mudéjar* risulta essere più importante il 'come' costruire, più che il 'cosa' costruire (Adell Argilés 1987, 6). Nella definizione del nuovo linguaggio architettonico regionalista, tale modello storico offre una notevole libertà per realizzare un ampio repertorio di soluzioni formali di gusto storicista, attraverso la tecnica artigianale basata quasi esclusivamente sull'utilizzo del mattone.

In questo stesso periodo, la predilezione per le forme neorinascimentali diventa sempre più evidente, come conseguenza dell'influsso esercitato dalla così detta 'architettura nazionale'.

Aníbal González, dopo il conseguimento della laura in architettura, inizia la propria attività professionale a Siviglia; le sue prime opere possono essere inserite nel movimento Modernista: ad esempio, nel 1905 progetta due abitazioni per la famiglia Montoto, nonché la casa per Juan de la Rosa. Simón Barris, invece, è più anziano tanto che nel 1909, all'inizio del fenomeno regionalista, ha già 60 anni; si avvicina alla nuova corrente architettonica dopo essere stato un rappresentante del Modernismo, con punti di contatto con le realizzazioni francesi, come nella casa per Juan de Haro.

L'inizio della dinamica del processo Regionalista può farsi risalire al 1906, quando Aníbal González attua la riforma della residenza del marchese di Aracena, adottando forme neorinascimentali e motivi platereschi, attraverso l'utilizzo della pietra artificiale (Archivo Municipal de Sevilla. Lic. obr. L 29). Nel 1907, lo stesso architetto progetta la casa di Manuel Nogueira che segna il definitivo passaggio all'architettura Regionalista. Quest'opera, di ispirazione *mudéjar*, si caratterizza per un esuberante utilizzo del mattone (Fig. 1 e 2). Con la costruzione di tale edificio, inizia a Siviglia il declino del Modernismo.

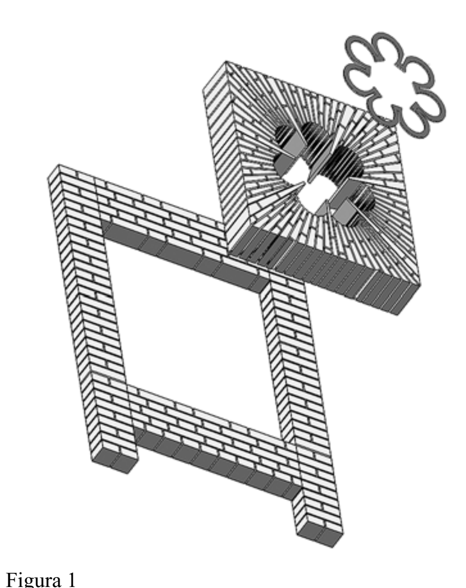


Figura 1
Aníbal González. Casa di Manuel Nogueira, 1907 -1909. Esploso di una bucatura

Verso il 1909, l'architettura Regionalista è già una realtà e Aníbal González risulta essere definitivamente attratto dalle teorie di Vicente Lampérez circa la così detta 'architettura nazionale'. I primi esempi della nuova tendenza architettonica sono realizzati per committenti privati.

L'organizzazione dell'Esposizione Ispano Americana, la cui programmazione inizia sin dal 1909, comporta una nuova pianificazione urbana in vista dell'importante celebrazione.

Tutto ciò spiega le nuove esigenze architettoniche che cominciano a diffondersi in questo periodo e che nel 1912 danno luogo alla convocazione del Concorso di facciate di case in 'stile sivigliano' (Villar Movellán 2010, 186).

Tra le proposte affiorano ancora alcuni progetti ispirati al Modernismo e al rinnovamento nel sistema artistico europeo; altre proposte, invece, guardano

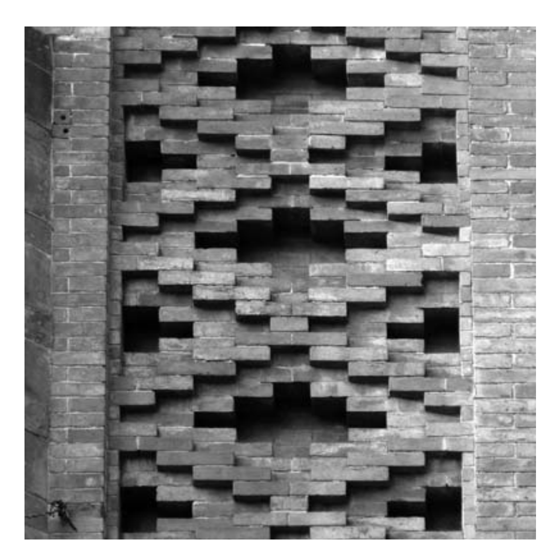


Figura 2
Aníbal González. Casa di Manuel Nogueira, 1907 -1909. Assemblaggio dei mattoni, particolare

allo 'tile 'nazionalista', con una razionalizzazione dei valori storici nazionali mediante la promozione delle differenti sfumature che l'architettura nei secoli precedenti aveva sviluppato in ogni regione della Spagna. Anche la rivalutazione delle arti industriali, frequentemente applicate alla decorazione architettonica, corrobora questo concetto dell'architettura come arte plastica (Villar Movellán 2010, 191).

L'ispirazione ed il gusto degli artisti ispanici, combina con grazia differenti riferimenti storici, come le forme *mudéjar* dei secoli XIII-XIV, l'arte ogivale, oppure quella plateresca del XV-XVI, producendo un originale stile sivigliano (Guichot y Sierra, 1935, 1: 137). Il Regionalismo architettonico crea a Siviglia una nuova fisionomia urbana (Villar Movellán 2010, 207).

La libera combinazione dei differenti stili storici locali, con una particolare rilevanza del linguaggio figurativo *mudéjar*, costituisce la prima espressione del Regionalismo sivigliano (Villar Movellán 2010, 215); il trattamento superficiale, sino ad allora tipico nella regione all'interno dei palazzi, inizia ad essere proposto anche per qualificare le facciate delle nuove costruzioni, dove il mattone a faccia vista e la ceramica acquisiscono un'importanza fondamentale, producendo un'ambientazione 'scenografica'.

Tra il 1917 e il 1923 si registra un notevole sviluppo anche dell'architettura neobarroca: Aníbal González ha un ruolo decisivo nella prima fase del Regionalismo, mentre Juan Talavera ha una significativa parte nella diffusione del gusto neobarroco, arrivando alla massima espressione con il progetto per la Sede Centrale della Compagnia Telefonica, dove gli elementi più significativi dell'esterno sono in marmo e l'uso del laterizio appare limitato alla realizzazione del semplice paramento murario, ad eccezione di alcune lunette al di sopra degli archi, dove la superficie in mattoni è scolpita per configurare ricchi elementi decorativi d'ispirazione plateresca.

L'architettura regionalista, dopo la sua definitiva affermazione, viene adottata indistintamente per la progettazione di molteplici tipologie, come :abitazioni unifamiliari, palazzi, case rurali, chiese, conventi, scuole, mercati e padiglioni espositivi.

In tutta la gamma tipologica dell'architettura regionalista si coniugano una vasta serie di elementi considerati come caratteristici dell'architettura tradizionale; questi costituiscono i principali segni linguistici specifici del Regionalismo, ad esempio le torrette d'angolo, le verande, i balconi, gli elementi a sbalzo con sostegni di ferro, le grate metalliche con motivi decorativi di gusto storicista, le coperture con tegole d'ispirazione araba, le decorazioni ceramiche, le bucature con le cornici in mattoni a vista. Tutti questi elementi hanno un elevato valore espressivo ed ornamentale. Gli stessi materiali, con il loro colore e la loro trama, persino la scelta del tipo di tecnica costruttiva, assumono una qualità identificativa; la loro scelta riveste un importante significato emblematico. Nelle corporazioni sivigliane del settore della costruzione, sussiste una metodica specializzazione riguardo le differenti attività finalizzate alla realizzazione ed esecuzione degli elementi decorativi; questo succede, per esempio, con l'arte dell'intaglio del mattone, una tecnica di origine islamica, ampliamente utilizzata nel barocco andaluso e che Aníbál González, a partire dal 1913, inizia assiduamente ad utilizzare (Guichot y Sierra, 1935, 2: 426-427).

Nel corso del secondo decennio del XX secolo, il Regionalismo raggiunge a Siviglia il proprio apice, a scapito del Modernismo; ciò si verifica in tutte le più importanti vicende architettoniche della città, come per il Concorso di progetti per l'Esposizione (Graciani García 2010, 22) e in quelli per le facciate delle case in 'stile sivigliano' e per l'Hotel Alfonso XIII.

Il Concorso per le facciate delle case in ‘stile sivigliano’ ha come antecedente la realizzazione, su progetto di José Espiau, della casa per Miguel Arcenegui in Plaza San Francisco, fra il 1911 e il 1912. Espiau risolve la facciata con una composizione ritmica denominata 3 × 3, conformando tre differenti livelli orizzontali, che a loro volta possono essere ulteriormente distinti in tre settori verticali: tale schema può essere considerato un modello per tutta la produzione architettonica di questo periodo in Andalusia. Dal punto di vista del riferimento stilistico, però, la casa Arcenegui ha ancora spiccate attinenze con i caratteri formali propri del XIX secolo, con due forti elementi laterali di chiusura nel prospetto principale e può essere interpretata come un tentativo neorinascimentale, nel quale le allusioni alla specificità locale, come i materiali e le decorazioni, sono minime. In quest’opera non c’è l’utilizzo del mattone a vista.

In totale, al Concorso vengono presentati ventuno edifici; tra gli autori figurano sei architetti: José Espiau, José Gómez Millán, Juan Talavera, Antonio Arévalo, Simón Barris, Aníbal González, ed il *maestro de obras* Manuel Martínez Mas.

José Espiau y Muñoz partecipa con quattro edifici per abitazioni, con i fronti esterni totalmente intonacati; in nessuna delle sue proposte il laterizio viene utilizzato come elemento espressivo e le facciate si caratterizzano per la presenza di rilevanti elementi decorativi realizzati con stucchi e maioliche.

La partecipazione di José Gómez Millán, al contrario, si caratterizza per la sobrietà nella scelta dei temi ornamentali, nonché per la subordinazione della composizione alle esigenze del programma costruttivo (Villar Movellán 2010, 242).

La preoccupazione per l’equilibrio dei volumi, che appena risaltano, diventa palese nell’edificio per José Gómez y Pérez de León, 1912, all’angolo fra la via Campana e la via Duque de la Victoria; gli stessi caratteri sono individuabili soprattutto nelle opere realizzate per Ildefonso Marañón, tra le più significative del primo regionalismo; anche in questi edifici non c’è l’utilizzo dei mattoni a vista.

Nella via Marqués de Paradas, l’architetto Millán realizza tre progetti: due palazzi per abitazioni d’affitto e una dimora unifamiliare; quest’ultima, che si ispira al modello tradizionale della casa andalusa, costituisce un’interessante interpretazione del linguaggio espressivo regionalista: nei paramenti murari c’è il notevole utilizzo del laterizio a vista con motivi neorinascimentali, insieme al ferro battuto e alla ceramica colorata.

Nei cinque edifici con cui Aníbal González partecipa al concorso, l’architetto propone diversi adattamenti dei temi stilistici da lui già adottati nell’Esposizione; per esempio, la casa del marchese di Villamarta, nel viale José Antonio, 16, si ispira al Pabellón de Bellas Artes, così come le case di Emilia Scholtz, nello stesso viale e nella via Núñez de Balboa, 1912-14; quest’ultima, in particolare, interpreta un carattere neomudéjar, attraverso la sintesi di elementi stilistici islamici, gotici e rinascimentali (Fig. 3 e 4). Maggiore interesse riguardo la successiva evoluzione delle forme di Aníbal González hanno gli edifici per Ignacio Sanz, 1912-13, e per Javier Sánchez-Dalp, costruiti nel viale José Antonio, 1913-14; entrambi presentano facciate realizzate in mattoni di colore chiaro, in alcune parti scolpite seguendo una modalità che l’architetto aveva già sperimentato nelle sue prime opere del periodo modernista; soprattutto, la casa Sánchez Dalp, con temi rinascimentali delineati attraverso l’utilizzo del mattone scolpito secondo un modello geometrico predeterminato; attraverso la disposizione simmetrica degli elementi che qualificano il paramento murario, vengono evidenziati l’asse della facciata e la galleria dei vani superiori; l’utilizzo di tale tecnica in questo edificio costituisce un esperimento particolarmente significativo,

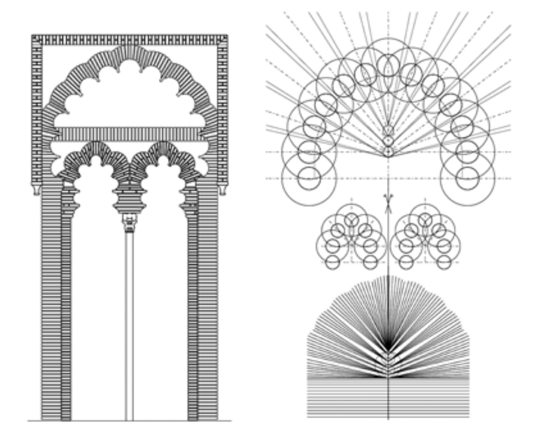


Figura 3
Aníbal González. Casa di Emilia Scholtz, 1912-1914. Rilievo di una finestra e schema geometrico

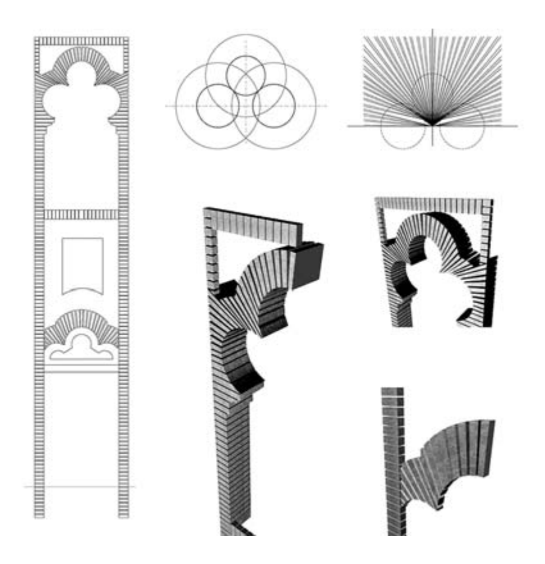


Figura 4
Aníbal González. Casa di Emilia Scholtz, 1912-1914. Rilievo di una finestra e schema geometrico

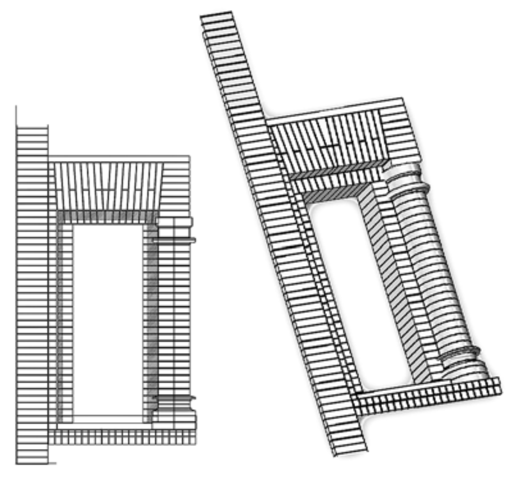


Figura 5
Aníbal González. Casa della contessa Ibarra. 1912-1913. Rilievo e vista assonometrica di una finestra

che poco dopo sarà ampliamente sviluppato dall'architetto per il progetto della Plaza de España.

Dopo la morte di Simón Barris nel 1912, la società del tempo, la realtà lavorativa e le circostanze fanno sì che Aníbal González diventi la guida indiscutibile del movimento regionalista (Villar Movellán 2010, 250); egli è entrato nel canale storicista attraverso il neomudéjar e l'uso del mattone gli offre un ampio campo di espressione (Pérez Escolano, 1973. 58-59). Col tempo, molti architetti saranno debitori verso la rivalorizzazione dell'architettura di Aníbal González, caratterizzata dall'utilizzo del laterizio a vista.

Della produzione neomudéjar risaltano la casa del marchese di Villamarta, 1911-15, nell'angolo tra via Almansa e via Galera, 1911-15, nonché quella per la contessa Ibarra, 1912-13, nelle vie Conde de Ibarra e San José (Fig. 5).

Gli elementi che caratterizzano la casa per il marchese di Villamarta sono lo zoccolo in granito e i pannelli con mattoni a vista accuratamente intagliati, utilizzati anche per formare le differenti modanature (Fig. 6 e 7); sono presenti superfici intonacate e arcate cieche ornamentali, elementi in terracotta vitrei usati per realizzare le tegole oppure altri elementi decorativi; questa casa diventa il modello di riferimento per lo 'stile sivigliano'.



Figura 6
Aníbal González. Casa del marchese di Villamarta. 1915-1917. Balcone d'angolo

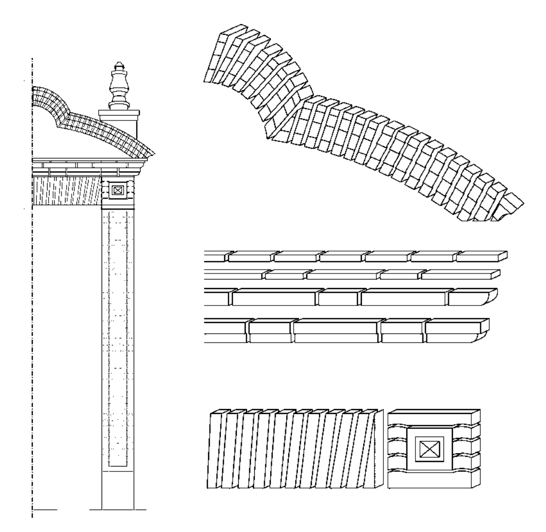


Figura 7
Aníbal González. Casa del marchese di Villamarta. 1915-1917. Balcone d'angolo, rilievo e particolare dell'assemblaggio dei mattoni

Tra gli edifici residenziali con il laterizio a vista, oltre quelli citati relativamente al Concorso per le facciate in 'stile sivigliano', meritano di essere ricordati il palazzo per Javier Sánchez-Dalp, nelle vie Rioja e Tetuán, 1915-17, nonché le due case affiancate di Dolores Martínez, in via Mateos Gago, 24 e 26.

In questi anni Aníbal González sviluppa anche un'altra modalità stilistica, basata sull'utilizzo di paramenti murari tinteggiati o intonacati, con un'ornamentazione realizzata tramite stucchi, di gusto neorinascimentale, soprattutto concentrata intorno alle bucature; ammette diverse varianti come l'utilizzo o meno del mattone a vista intorno alle bucature, la presenza della ceramica negli elementi decorativi ed eventualmente diverse intonazioni di colore.

Nel 1913 Juan Talavera Heredia è nominato architetto municipale e dedica maggiore attenzione ai problemi della città; dopo tale incarico, le sue opere per i committenti privati mostrano un intento di evoluzione stilistica rispetto alle prime espressioni nonché alle case da lui presentate al Concorso per le facciate in 'stile sivigliano'. La casa per María Cháfer, 1914, nella piazza San Francisco (A.M.S., Cons. y Recons. L. 3) esprime pienamente il gusto neomudéjar.

Nello stesso periodo, José Espiau y Muñoz sviluppa un nuovo linguaggio regionalista mescolando i motivi del *mudéjar* con quelli platereschi; a queste caratteristiche corrisponde l'edificio La Adriática,1914-22.

Benché le circostanze socioeconomiche contribuiscano a ridurre la produzione architettonica nel periodo tra il 1917 e il 1923, il processo estetico non si interrompe e si costruiscono anche lussuose abitazioni nelle quali viene interpretato il modello dell'antica casa sivigliana (Villar Movellán 2010, 304).

Alcuni autori, come Aníbal González o José Espiau, consolidano definitivamente le modalità formali, con leggere varianti allo scopo di conseguire una maggiore depurazione stilistica. Altri, invece, insistono nella ricerca di strade nuove, di innovative formule espressive del linguaggio regionalista, che sembrano ritrovarsi nel barocco.

Tra i nuovi edifici progettati da Aníbal González, bisogna ricordare la cappella de Los Luises, addossata alla chiesa del Sagrado Corazón nella via Trajano, 1917-20. L'insieme si compone della cappella propriamente detta e della casa per l'Associazione. L'impostazione generale è neogotica, ma l'architetto interpreta le forme secondo il gusto regionalista, adottando il mattone accuratamente lavorato e intagliato (Guichot y Sierra, 1928. 23). Esteriormente acquista maggiore importanza il paramento murario, inoltre il trattamento ornamentale delle cornici delle

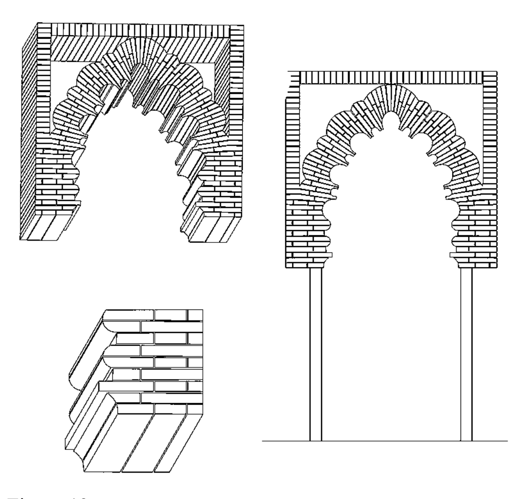


Figura 13
Acueducto de los Remedios, México

bucature raggiunge qualità difficilmente superabili nella tecnica dell'intaglio del mattone (Cascales Muñoz, 1929. 84).

Aníbal González costruisce l'edificio dell'attuale Cinema Trajano, 1920-22, con due facciate, una sulla via omonima e l'altra su via Amor de Dios, nelle quali ripropone l'utilizzo del mattone (Fig. 8), attraverso schemi compositivi già visti, ad esempio, nella casa Emilia Scholtz in via Núñez de Balboa, oppure nella casa Manuel Noguera. L'architetto utilizza nuovamente il mattone con modalità espressive nell'edificio del Hotel San Sebastián, 1918-20, in via Martín Villa, 3.

Dopo il 1917, gli architetti della prima generazione del Regionalismo utilizzano ancora abitualmente il repertorio neomudéjar, anche se appare già evidente che quest'ultimo ha ormai perso gran parte del suo valore come 'stile sivigliano' puro; questo può essere interpretato come la fine della prima fase regionalista (Villar Movellán 2010, 313).

In questo periodo, gli architetti più inquieti, come Vicente Traver y Tomás, oppure Juan Talavera y Heredia, cercano nuove formule architettoniche, che rispondano alle esigenze e ai gusti del momento.

Se il mudéjar era stato il prodotto della cultura islamica ed il rinascimento di quella classica, lo stile nato dalla cultura cristiana nei tempi moderni era il barocco; di quest'ultimo si hanno, sia esempi riconducibili all'architettura tradizionale della zona, sia d'influenza francese, come cornici mistilinee oppure portici con archi a tutto sesto su colonne accoppiate e aperture rotonde nei pennacchi, mansarde adornate con festoni ed altro; alcuni di questi temi diventano una costante soprattutto nel linguaggio compositivo dell'architetto Vicente Traver, che costruisce per Miguel García Longoria, 1917-20, la residenza in Plaza Nueva, 6. L'architetto adotta la tecnica del mattone a vista, alla maniera di Aníbal González, con note baroccheggianti (Fig. 9-10), ma lontano dallo storicismo di radice locale (Villar Movellán 2010, 318).

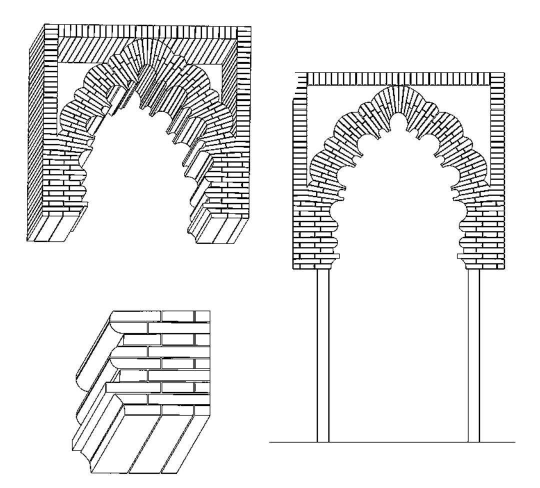


Figura 8
Aníbal González. Cinema Trajano. 1920-1922. Rilievo, vista assonometrica e dettaglio di una finestra

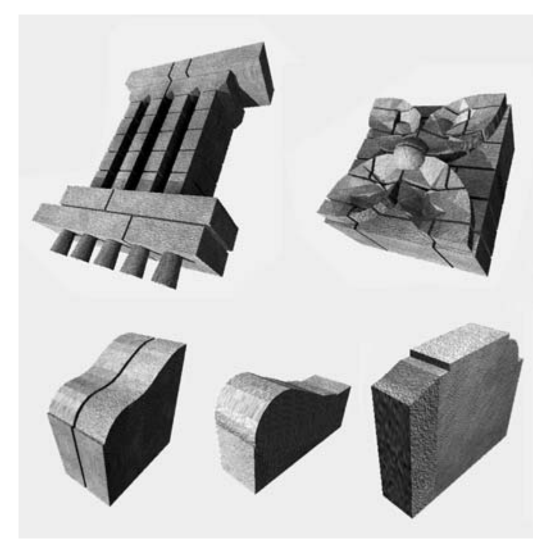


Figura 9
Vicente Traver y Tomás. Casa Longoria. 1917-1920. Elementi costruttivi in laterizio

Traver torna ad utilizzare diffusamente il mattone a vista in due opere molto differenti tra loro, quali la casa Tadeo Soler, in via San Jacinto, 1920-22, ed il palazzo del marchese de la Motilla, 1921-31. Nella prima, il mattone e la ceramica si coniugano per rafforzare la composizione; la seconda è un'opera al margine del Regionalismo, direttamente ispirata ai modelli fiorentini e senesi, il cui progetto viene attribuito all'architetto italiano Gino Coppedé. Occupa

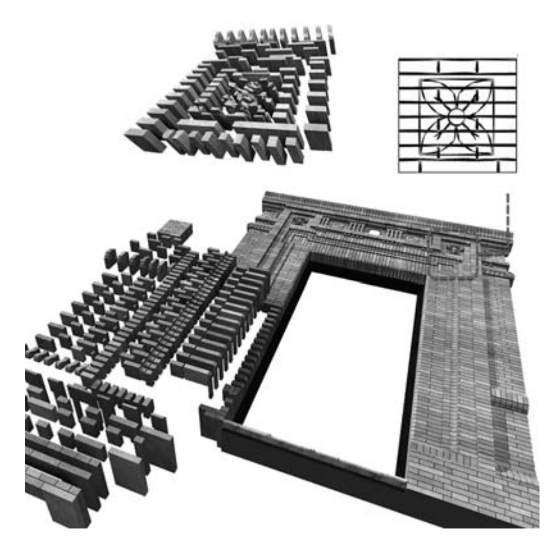


Figura 10
Vicente Traver y Tomás. Casa Longoria. 1917-1920. Esploso di un portale

un angolo delle strade Cuna e Laraña; l'architetto Traver dirige sicuramente i lavori di costruzione, interpretando l'idea originale con eleganza e attuando un sapiente utilizzo del mattone.

Le sperimentazioni di questo architetto sivigliano non cessano in questi anni, poiché è alla costante ricerca di un Regionalismo con grande varietà formale; le sue opere si ispirano alle architetture di altri paesi con un carattere espressivo esuberante.

Nella composizione architettonica la preoccupazione permanente di Juan Talavera, negli anni finali della seconda decade del secolo, è la ricerca di una 'euritmia'; non l'aveva mai convinto il sistema compositivo neomudéjar con gioco libero dei paramenti. Al contrario, per lui i vuoti, le decorazione e tutti gli elementi presenti nella facciata sono pensati in funzione di un equilibrio ritmico.

Per delineare le facciate delle case unifamiliari utilizza il citato schema compositivo basato sulla divisione in tre fasce orizzontali e verticali, lo schema 3 × 3, che gli permette soprattutto di dare rilevanza alla porta ed al balcone centrale. La casa di Francisco Hernández, 1917-21, nella strada José Canalejas, 14 è esemplare di questo suo fare architettura. Non manca la nota colorista, riservata in questo caso agli *esgrafiados* presenti nelle lunette degli archi.

In generale, però, il gioco cromatico è affidato al mattone, utilizzato negli zoccoli e per incorniciare le bucature, in contrasto con il muro intonacato; di fatto c'è la rivalutazione del binomio dei materiali tradizionali, ossia mattone e calce, che corrispondono ai colori ocra e bianco; tale combinazione è caratteristica nell'architettura ispanica. Inoltre, la presenza di maestranze esperte nell'intaglio del laterizio offre a Talavera la possibilità di utilizzare ampliamente le ornamentazioni barocche, da lui previste anche con tale materiale, sebbene l'architetto, in generale, non dimostra una particolare predilezione per l'uso del mattone a vista nelle facciate. Un esempio è l'edificio residenziale per Francisco de Paula Cansino, costruito nel 1922 in via Laraña, 2.

Alcuni dei suoi aiutanti nel periodo in cui svolge la propria attività all'interno del *Ayuntamiento*, negli anni seguenti continuano a prediligere il gusto barocco, soprattutto nei progetti per le case unifamiliari, che rappresentano i migliori esempi nel panorama della produzione architettonica dell'epoca. Tra questi, Antonio Arévalo incorpora nelle sue opere determinate note dell'ornamentazione, proprie del maestro, che ripeterà assiduamente. Tale elementi decorativi sono soprattutto le cornici in mattoni intorno alle bucature, il balcone al di sopra del portale principale, nonché tutti gli elementi di rifinitura realizzati attraverso la tecnica del laterizio a vista.

Verso il 1917, Pedro Sánchez Núñez, Antonio Illanes del Río e Juan José López Sáez, appena laureati, iniziano a Siviglia la carriera professionale; la loro esperienza architettonica si colloca in un momento di grande esaltazione regionalista, in una fase storica che segna l'affermazione del neobarroco nell'architettura sivigliana.

La prima costruzione nella quale è possibile riconoscere un cambiamento deciso circa i caratteri stilistici è la casa M. Artemán, 1917-20, progettata da Sánchez Núñez nel viale Miraflores (A.M.S., Cons. y Recons. L. 4); nell'ornamentazione neobarroca, insieme al paramento murario con filari di mattone che può ricordare opere precedenti di Talavera o Arévalo, intervengono elementi lineari, come le volute e altri motivi ornamentali che costituiscono una composizione sovrapposta alla facciata. Sono presenti anche ghirlande di ceramica vitrea e altre forme altamente espressive, come il frontone mistilineo di coronamento.

Nel 1921, l'architetto progetta un grande edificio residenziale nel Paseo de Cristóbal Colón, 12-14; la

costruzione, realizzata per Manuel Campos Peña, si concluderà dopo tre anni (A.M.S., Cons. y Recons. L. 5). Sono presenti quattro entrate ed una assoluta simmetria assiale, il tutto è improntato al linguaggio neobarroco; l'architetto adotta uno stile molto personale con una sintesi tra l'influsso barocco e quello *mudéjar*, che gli permette di ottenere alcune peculiari sfumature di colore ed un interessante gioco di volumi.

A partire dal 1925, Sánchez Núñez collabora in alcune opere dell'Esposizione Ibero Americana, inoltre nel 1927 è incaricato del completamento della Plaza de España, dopo le dimissioni di Aníbal González. Nell'architettura residenziale, per la quale in realtà non realizza molti progetti, abbandona progressivamente le connotazioni *mudéjar* delle sue prime opere (Villar Movellán 2010, 387).

Anche Illanes arriva a risultati particolarmente caratteristici nella sua produzione, come le Scuole della Fundación Felipe Benito (1926-29), che si distinguono rispetto agli altri progetti contemporanei d'impronta regionalista (Fig.11-15). Illanes sviluppa un programma neomudéjar con un'estrema cura nel disegno dei dettagli, molto interessanti per la loro conformazione. L'architetto utilizza come tema ornamentale i disegni composti con elementi in laterizio, traendo ispirazione dalle cappelle funerarie d'ispirazione *mudéjar*, delle quali riprende anche il motivo della volta composta.

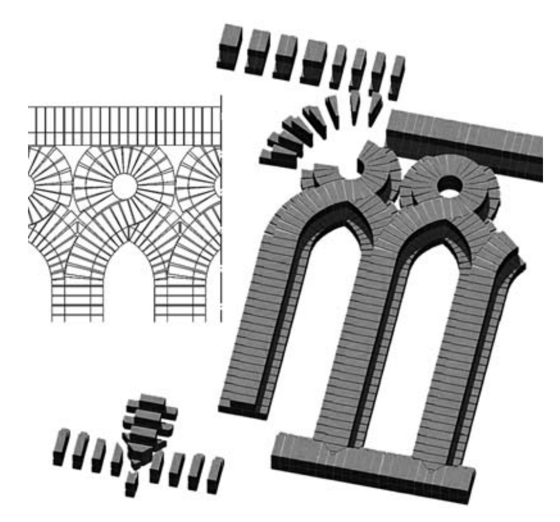


Figura 12
Antonio Illanes del Río. Scuole della Fundación Felipe Benito. 1926-1929. Rilievo ed elementi in laterizio di una serie di bucature

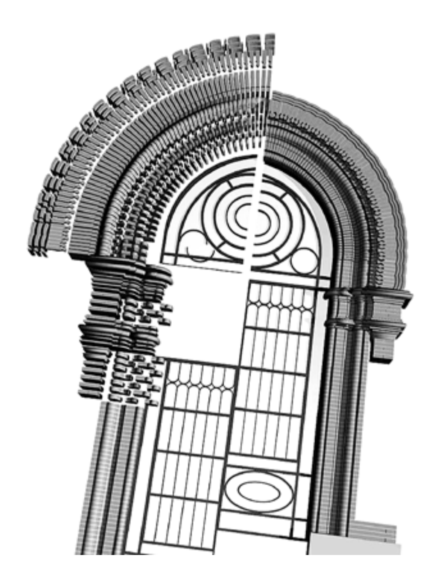


Figura 11
Antonio Illanes del Río. Scuole della Fundación Felipe Benito. 1926-1929. Esploso di una finestra

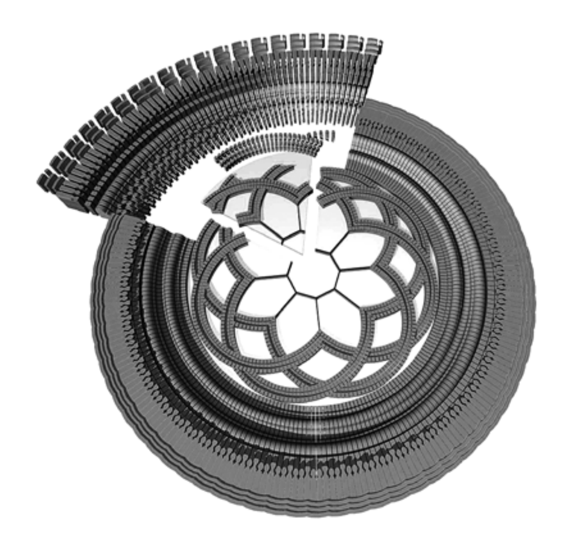


Figura 13
Antonio Illanes del Río. Scuole della Fundación Felipe Benito. 1926-1929. Esploso del rosone

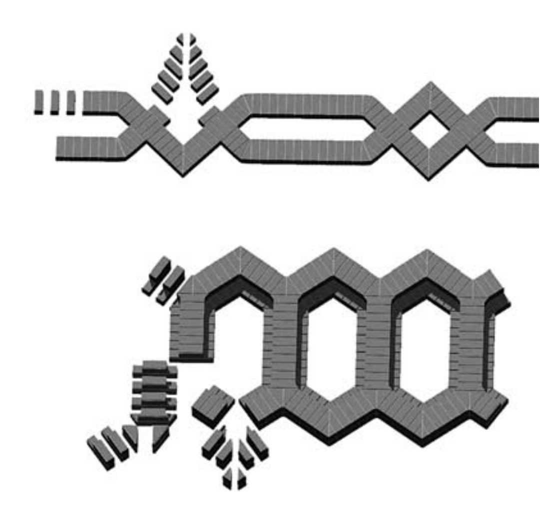


Figura 14
Antonio Illanes del Río. Scuole della Fundación Felipe Benito. 1926-1929. Esploso degli elementi decorativi in laterizio

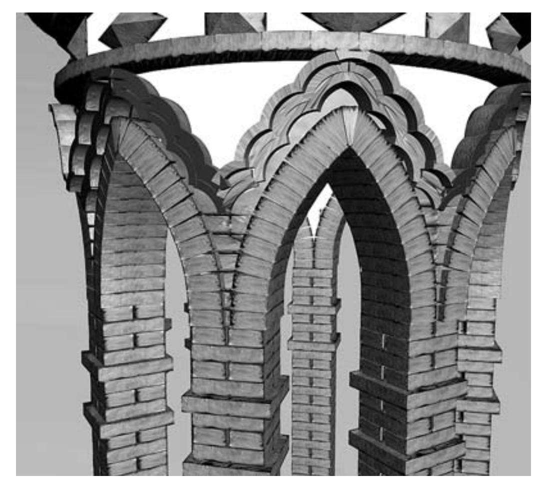


Figura 15
Antonio Illanes del Río. Scuole della Fundación Felipe Benito. 1926-1929. Elementi strutturali in laterizio della torre

López Sáez, in questi anni, adotta come principale linguaggio compositivo il neobarroco; la sua produzione è caratterizzata da ornamenti eccessivi, distanti dalla tradizione formale della regione andalusa e, al contrario, più assimilabili al neobarocco tipico di Madrid (Villar Movellán 2010, 360).

Il Regionalismo sivigliano inizia a dissolversi come movimento architettonico dopo il 1930 e può considerarsi definitivamente concluso con la crisi del settore edile che si produce negli anni finali della II Repubblica. A parte i fattori culturali, politici, economici, nonché l'avvento delle idee razionaliste, le motivazioni della fine di questa tendenza architettonica sono da individuarsi nell'impossibilità di mantenere un tipo di produzione la cui realizzazione è possibile solo utilizzando mano d'opera a basso costo (Villar Movellán 1977, 16).

Lista de referencias

Adell Argilés, Josep María. 1987. *Arquitectura de ladrillos del siglo XIX. Tecnica y forma*, II ed. Madrid: Fundación Universidad-Empresa.

Cascales Muñoz, José. 1929. *Las Bellas Artes Plásticas en Sevilla. La pintura, la escultura y la cerámica artística desde el siglo XIII hasta nuestros días. Apuntes históricos y bibliográficos*, t. II. Toledo: Colegio de Huérfanos M. Cristina.

Graciani García, Amparo. 2010. *La partecipación internacional y colonial en la Exposición Ibero Americana de Sevilla de 1929*. Sevilla: Ayuntamiento de Sevilla ICAS.

Guichot y Sierra, Alejandro. 1928. *Desde Diego de Riaño hasta Aníbal González. Constitución de Escuela del Estilo Arquitectonico sevillano.* Sevilla: Alvarez y Rodríguez.

Guichot y Sierra, Alejandro. 1935. *El Cicerone* de Sevilla. Monumentos y Artes Bellas, t. II. Sevilla: Alvarez y Rodríguez.

Pérez Escolano, Victor. 1973. *Aníbal Gonzalez*, *Arquitecto (1876-1929)*, Coll. Arte Hispalense. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.

Villar Movellán, Alberto. 1977. *Juan Talavera y Heredia, arquitecto. 1880-1960*, Coll. Arte hispalense. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.

Villar Movellán, Alberto. 2010. *Arquitectura del Regionalismo en Sevilla (1900-1935)*, II ed. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.

La carpintería de taller en la construcción tradicional castellana

María Soledad Camino Olea
Elena de Andrés Olmos
Juncal Cuesta Navarro
Jesús Carlos Diego Rodríguez
Clara Fernández Sánchez
Emma Laso Alonso

En la mayoría de los sistemas constructivos de la denominada Arquitectura popular, tradicional o vernácula hay dos características que se repiten: la adaptación al entorno utilizando los materiales que se encuentran en el mismo: la tierra, la piedra y la madera, y la evolución de las soluciones constructivas hasta llegar al diseño óptimo que luego se repite en todos los ejemplos, con pequeñas variantes, para hacer singular cada edificio. Estas dos circunstancias se dan en la carpintería de taller de puertas y ventanas de manera diferente que en los otros sistemas constructivos ya que en este sistema solamente se emplea la madera en general, procedente de los árboles del entorno, si bien la más utilizada es la de pino, y la solución óptima a la que se llega es común a comarcas en las que el resto de los sistemas constructivos son muy dispares, ya que prevalece la tecnología de la madera frente a otras influencias.

En la construcción tradicional la madera es un material muy importante para estructuras, cerramientos y revestimientos. En todos estos sistemas se pueden emplear otros materiales: en lugar de entramados estructurales de madera, muros de carga y bóvedas, en lugar de entarimados de madera en suelos, paredes y techos se puede emplear piezas cerámicas o yeso o cal, pero hay un sistema en el que la madera ha demostrado ser un material insustituible y es en la carpintería de taller, todas las puertas y ventanas se hacen con madera.

Las puertas y ventanas «son elementos que se fabrican en taller y se llevan a obra a diferencia de otros sistemas constructivos, son elementos constructivos que aceptaron la prefabricación hace siglos» (Cassinello 1973, 57*)* y posiblemente este sea uno de los motivos por lo que tanto puertas como ventanas presenten características constructivas similares en ejemplos muy diferentes de Arquitectura popular.

La madera es un material muy trabajable que permite unir piezas diferentes de forma que se garantice la transmisión de esfuerzos entre las mismas mediante cortes especialmente definidos dados a la madera en los extremos de los elementos a unir y sin necesidad de incorporar ningún otro material, estas uniones reciben el nombre de ensambles o ensambladuras. Esta característica de la madera es la que permite que mediante dos tipos de piezas: los maderos, listones o listoncillos de sección cuadrada o rectangular, para formar los entramados, y los tablones, tablas o tablillas, piezas de sección rectangular en las que una de las dimensiones de la sección es muchos mayor que la otra, para cerrar los huecos entre los entramados y contribuir a la indeformabilidad del mismo, se puedan construir ventanas y puertas.

Tipología según su uso

Las carpinterías de los huecos varían fundamentalmente en función de su destino, así nos podemos encontrar cuatro tipos diferentes que son los que más se repiten en los lugares donde se han estudiando las construcciones populares:

a - Los ventanucos de desvanes que son de dimensiones reducidas, bocarones de pajares (Fig. 1) y otros elementos de construcciones auxiliares que suelen ser elementos de carpintería bastante sencillos.

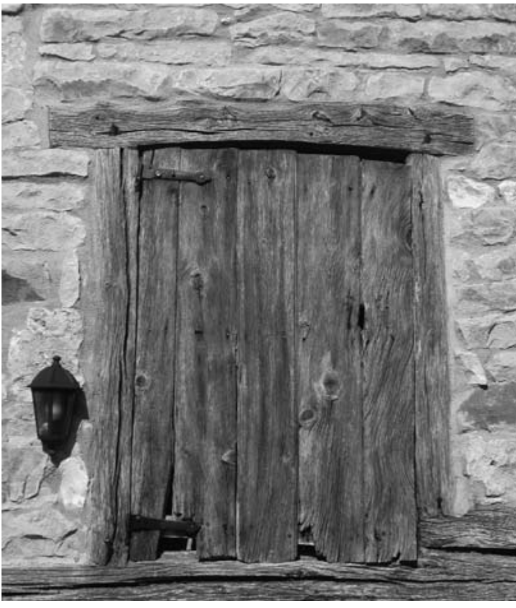


Figura 1
Vista desde el exterior de un bocarón de pajar cerrado con una puerta de tablas clavadas sobre travesaños o barrotes. La hoja abre hacia el exterior debido a su uso y por este motivo se pueden ver las palas de las bisagras. Quintanalara, Burgos (Fotografía de J.Cuesta)

b - Puertas de acceso a viviendas que disponen de un hueco amplio formado por una o dos hojas abatibles o pivotantes con diversas variantes: una de las hojas puede estar dividida horizontalmente de forma que la parte superior de la hoja se pueda abrir de manera independiente de la inferior o puede llevar incorporado en la parte superior de la hoja un ventanuco, con un postigo. Estos elementos son los mejor acabados (Fig. 2). Las puertas interiores son similares pero de una única hoja.

c - Puertas de cuadras, corrales y almacenes que necesitan un hueco mayor para el paso de carruajes, aperos de labranza, animales, y suelen ser de dos hojas pivotantes, que pivotan tanto hacia dentro del corral o almacén como hacia la calle, con otra hoja para el paso de personas incorporada en una de las hojas de forma que las personas puedan acceder sin tener que abrir las dos pesadas hojas que forman el portón (Fig. 3). Este tipo de puerta con variantes es también muy común en las puertas de las iglesias en las que en las dos hojas de gran tamaño se dispone de una hoja de acceso menor tamaño.



Figura 2
Puertas de acceso a una vivienda vista desde el exterior, de tres hojas, de Medina de Rioseco (Valladolid) ejecutada con tablas sobre bastidor (Fotografías de S. Camino)

d - Ventanas de viviendas. Las más antiguas son de cuarterones y sin acristalar con pequeñas aberturas protegidas por postigos (Fig. 4), las más modernas son acristaladas con postigos al interior para obscurecer totalmente el hueco.

Hay otros elementos de carpintería de taller como las puertas de balcones, similares en su construcción a las ventanas y las puertas de las bodegas que quizás sean «el único hueco singular en la arquitectura agropecuaria, por requerir una ventilación permanente



Figura 3
Vista desde el exterior de una puerta con dos hojas pivotantes y puerta de acceso de personas en una de las hojas grandes de Urueña (Valladolid). Puertas de tablas clavadas sobre bastidor y travesaños (Fotografía de E. Laso)



Figura 4
Vista interior de ventana de una vivienda de dos hojas abatibles con entrepaños de madera en la parte inferior y postigos en la superior con una palomilla de madera de la parte superior como cierre (Fotografía C. Fernández)

que se soluciona a través de ella, bien creando una parte superior a modo de celosía, o bien constituyendo la puerta con el mero armazón de la puerta claveteada sin los tablones que lo recubren, cuidando que los huecos no sean excesivamente grandes, a fin de impedir el acceso» (García Grinda 1988, 96). Las puertas de las casonas suelen ser de dos hojas abatibles con entrepaños tallados en madera que presentan una rica ornamentación con elementos que no suelen formar parte de construcciones más sencillas como tapajuntas, telares, escupeaguas.

Tipología según su construcción

Las hojas de puertas y ventanas no van colgadas directamente de los muros sino que hay un elemento, el cerco, que va anclado a los muros y del que van colgadas las hojas mediante bisagras. Cuando las hojas son pivotantes no es necesario el cerco. El cerco, en el caso de las puertas, consta de dos piezas verticales o largueros y uno horizontal llamado travesaño «o cabecero» (Ger y Lobez 1915, 338). El larguero que lleva las bisagras se le llama «larguero de fijas» (Arias 1893, 103). Alrededor del cerco se hace un rebaje llamado galce, denominación que aún se utiliza en las ventanas y puertas acristaladas, y hace de tope a la hoja de la puerta con lo que se consigue un mejor cierre del hueco para evitar el paso del aire, la luz y el agua de lluvia. Los largueros y el travesaño están ensamblados a caja y espiga y el travesaño sobresale de los largueros formando los cogotes que se reciben en el muro para asegurar la unión entre muro y cerco. En los muros se ejecuta una mocheta de forma que el cerco se aloje en la misma y el hueco hacia el interior presenta un derrame para facilitar la abertura de la puerta. En las ventanas el cerco presenta dos largueros y dos travesaños. En los muros de entramado de madera cuajado con otros materiales no es necesario cerco ya que el propio entramado puede hacer de cerco.

Las puertas y ventanas antes clasificadas están construidas de tres formas diferentes, aunque con bastantes similitudes entre ellas en cuanto a uniones de piezas de madera y herrajes:

a - Las más simples son las puertas y cierres de ventanas «construidas sobre barrotes» (Arias 1893, 105) con la hoja formada por tablas sin bastidor, constituidas por un conjunto de tablas verticales colocadas unas al lado de las otras, a tope, de la altura de la puerta y clavadas a travesaños o barrotes, colocados a diferentes alturas, con un sistema de apertura

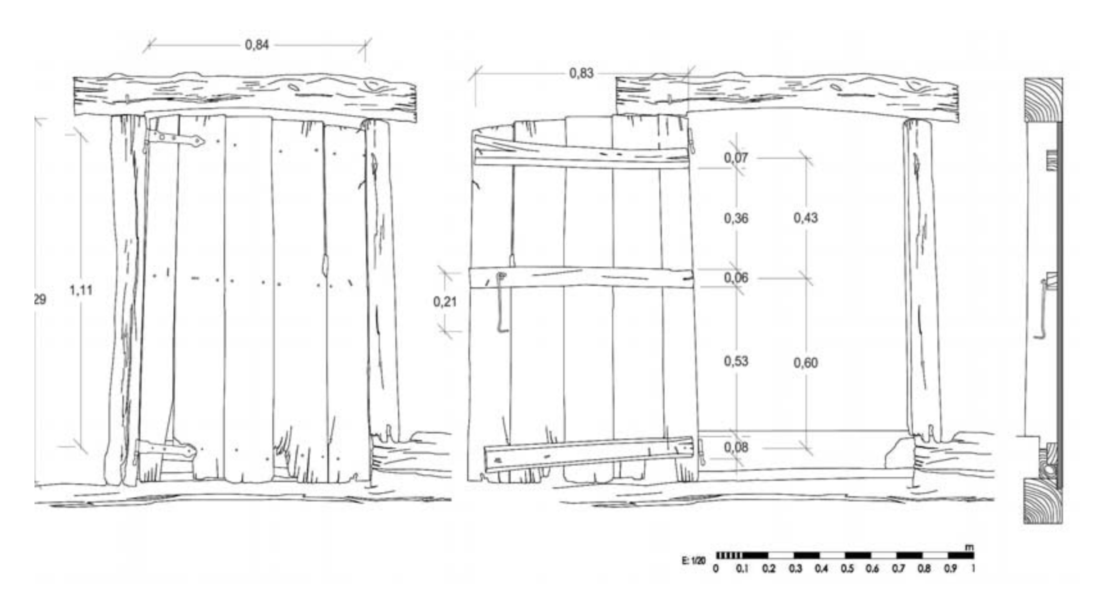


Figura 5
Puerta de bocarón de pajar, formada por tres barrotes a los que se clavan las tablas verticales colocadas a tope, con goznes en los barrotes superior e inferior para colgar la hoja de cerco anclado al muro de piedra. Quintanalara. Burgos (dibujo J. Cuesta)

abatible de eje vertical con bisagras situadas en los travesaños y colgadas del cerco (figuras 1 y 5). Los clavos son más largos que el grueso del barrote más la tabla para que la punta sobresalga del barrote por la parte posterior y se pueda doblar sobre el mismo para asegurar la unión. En algunas puertas «están unidas las tablas a los barrotes por medio de clavijas, se hace un taladro de parte a parte, introduciéndose

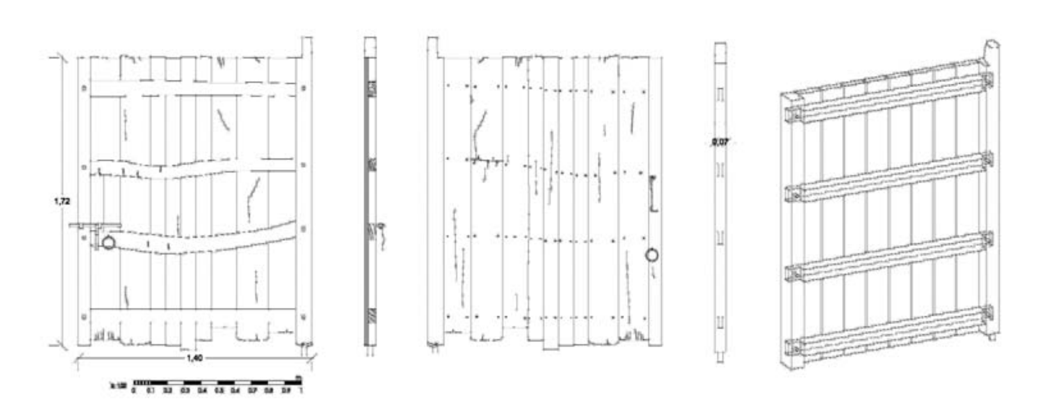


Figura 6
Puerta de acceso formada por barrotes a los que se clavan tablas verticales colocadas a tope, con largueros ensamblados con los travesaños o barrotes, con caja y espiga asegurada con una clavija de madera, y de hoja pivotante, con aldabilla para sujetar la hoja en posición abierta, argollas como tiradores al exterior y al interior y pasador por el interior para cerrar la misma (Dibujos J. Cuesta)

la clavija a fuerza de mazo, por cuyo motivo debe ser de madera muy dura» (Arias 1893, 105).

Otra variante de la puerta de barrotes es aquella en que la hoja es pivotante por lo que tiene dos largueros que están ensamblados con los barrotes a caja y espiga, en uno de los cuales están los espigones de madera de los quicios, que encajaran en las quicialeras situadas en una piedra en el suelo y en el dintel de la puerta (Fig. 6).

Tanto los bordes de las tablas como los de los barrotes no están trabajados ya que las puertas de barrotes suelen estar en las construcciones auxiliares, aunque en ocasiones presentan un pequeño bisel.

b - Puertas con hojas formadas por un bastidor o marco con travesaños y tablas verticales clavadas al bastidor y a los travesaños (Fig. 10), con clavos de grandes cabezas, algunas muy ornamentadas (Fig. 7).

Las piezas del bastidor se unen entre sí en ángulo recto y van ensambladas a caja y espiga. En el larguero se abre una caja o mortaja y en los travesaños se labra una espiga que atraviesa todo el larguero, espiga pasante, asegurando el ensamblaje con clavijas de madera más dura (Fig. 8) o bien dando forma de falsa cola de milano a la espiga que se complementa con una pieza triangular de madera que se acuña desde el exterior para impedir que la espiga se salga de su posición.



Figura 7
Cabezas de los clavos de la puerta de la iglesia de Cisneros. Palencia (Fotografía S. Camino)



Figura 8
Imagen de la espiga del barrote que penetra en el larguero y la clavija de madera que asegura la unión (Fotografía J. Cuesta)

Las tablas están sobrepuestas sobre el bastidor y los travesaños por la cara exterior y para cerrar la posible entrada de luz o aire entre las tablas, que van a tope o separadas unos centímetros, se sitúan tablillas de peinazo a peinazo en las cajas dispuestas en los mismos por el interior y en el espesor del bastidor (Fig. 9). Las hojas solamente están forradas con tablas por una de las caras, la exterior, lo que permite



Figura 9
Vista interior de la hoja con el encuentro entre las tablillas y el peinazo, con los bordes con molduras. Las tablas de cierre pasan por detrás de las tablillas y el peinazo (Fotografía J. C. Diego)

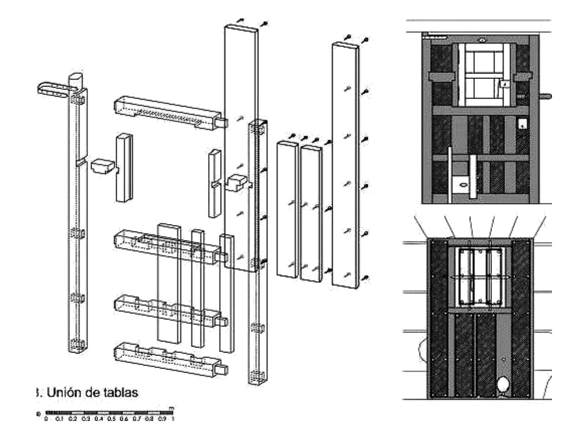


Figura 10
Dibujo del esquema de una fase del montaje de las diferentes piezas que componen una puerta de acceso a una vivienda, construida con bastidor y travesaños y tablas calvadas por la cara exterior, con un postigo en la parte superior con barrotes de protección y gatera cerrada por una tabla que se desplaza en la parte inferior de la puerta. Quintanalara, Burgos (Dibujo C. Fernández)

ver el sistema constructivo y medir las dimensiones de listones y tablas.

Este tipo de puertas se puede encontrar en las de acceso a los edificios y en su interior así como en las de entrada patios, naves, con diferentes dimensiones y practicabilidad: abatibles de eje vertical con goznes o bisagras y pivotantes con quicios de madera labrados en el larguero de fijas. Las puertas acceso a los edificios suelen ser abatibles de una o varias hojas y las puertas de acceso a patios y naves de dos hojas pivotantes (Fig. 11) con una hoja de acceso para personas abatible que va ejecutada en una de las dos hojas.

c - El otro sistema es el de las ventanas con bastidor y entrepaños que cierran los huecos entre los montantes, travesaños y peinazos con los tableros que entran a ranura y lengüeta en el centro del bastidor de la hoja y se molduran por una o por las dos caras, la ranura que se hace en marco que recibe el tablero se hace de modo «que éste no llegue al fondo de aquella, y quede un espacio para que el tablero pueda dilatarse libremente, quedando al propio tiempo dominado por el marco, que tiene mayor grueso que el» (Arias 1893, 102). Es el mismo sistema que se emplea para hacer las puertas de cuadros o entrepañadas, pero que en la construcción popular solamente se puede encontrar en las puertas de alguna casona.

Las ventanas más antiguas no tenían acristalamiento y presentaban uno o dos cuarterones de la parte superior de las hojas, sin tableros y con postigos para permitir la entrada de luz y de aire (Fig. 12).

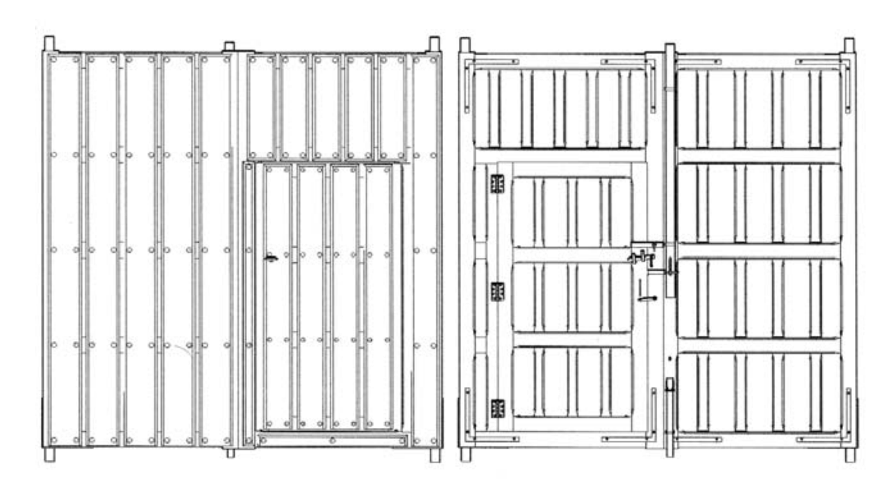


Figura 11
Alzados de portón, por el interior y el exterior, en las que se puede apreciar la construcción de la puerta y el complejo sistema de cerrojos, pasadores y cerradura que permiten asegurar las tres hojas (Dibujos J.C. Diego)



Figura 12
Ventana de vivienda de dos hojas abatibles con dos cuarterones por hoja, los inferiores estos cerrados por tableros y los superiores por postigos. Aunque actualmente hay restos de vidrio en la parte superior, la ventana en principio no se debió de construir para acristalar. Quintanalara, Burgos. (Dibujos C. Fernández)

Las modernas son para acristalar y no se diferencian de las que podemos encontrar en cualquier edificio antiguo de las ciudades.

HERRAJES

Para permitir el movimiento y para asegurar las hojas en su posición o para reforzar las mismas e impedir su descuadre son necesarios una serie de elementos auxiliarles que suelen ser de hierro forjado y reciben la denominación de herrajes, aunque algunos de estos elementos presentan variantes en madera. Los herrajes se clasifican según las funciones que realizan:

Herrajes de giro y/o cuelgue

El sistema más utilizado en las puertas con hojas de gran tamaño es el de que las hojas pivoten alrededor del larguero de fijas para lo cual en los largueros se han labrado unos espigones «que entran, el superior en un agujero abierto en el dintel o en un collar con espiga para asegurarlo a la pared y el inferior en otro agujero hecho en una piedra, madera dura o hierro llamado quicio o tejuelo» (Ger y Lóbez 1915, 346) (figuras 6, 10 y 11).

En puertas con las hojas de menor tamaño o en ventanas se emplea el gozne formado por una escarpia clavada en el cerco y la otra pieza con la pala clavada al bastidor, rematada por un tubo que entra en la escarpia de forma que la hoja de la puerta pueda girar. Aunque lo más frecuente es encontrar «bisagras compuesta cada una de dos o más planchitas o palas de hierro o latón, encorvadas por un lado formando tubo para unirlas en un pasador, cuyas palas se fijan con clavos o tornillos al cerco y a la puerta respectivamente, pudiendo prolongarse «para reforzar los ensambles de la puerta y hasta contribuir a su decoración» (Ger y Lóbez 1915, 346). En muchas puertas se pueden ver bisagras más modernas con palas de menor tamaño que han sustituido a las antiguas (figura11, bisagras que permiten el giro de la hoja de acceso de personas).

Herrajes de seguridad

Herrajes que sirven para mantener las hojas de las puertas y ventanas contra los cercos. Los más sencillos suelen ser los de madera mediante cerrojos que atraviesan el bastidor de la puerta y entran en cajas abiertas en los telares de los huecos (Fig. 13). Otro sistema está formado por una barra de hierro con un ojo en un extremo donde se fija una armella clavada en la hoja y un gancho en el otro extremo que entra en otra armella o en un clavo con ojo, fijados al cerco (Fig. 14).



Figura 13
Barra de madera que entra en la pared para impedir que se abra la puerta. Cuando se desplaza para abrir la puerta la barra fija el postigo. La barra dispone de un asidero (Fotografia J. Cuesta y C. Fernández)



Figura 14
Sistema de cierre (Fotografía S. Camino)

Los pasadores que están formados por una placa rectangular que se fija a la hoja con dos grapas dispuestas para que se desplace la pieza rectangular que cuando entra en otra grapa fijada en el cerco para impedir el movimiento de la hoja, pueden tener algún ojo en la punta de forma que se pueda introducir una chaveta para impedir que se desplacen con facilidad (Fig. 11, pasador que fija la hoja batiente en la parte superior). En los portones de dos hojas pivotantes con hoja de acceso peatonal presentan numerosos pasadores de diferentes formas y tamaños para poder asegurar las tres hojas.

Cierres de llave y paletón y picaportes formados por una barrilla que gira por un extremo por donde tiene la manija y se sostiene con una abrazadera clavada en la hoja y que tiene por el otro extremo una pieza en forma de nariz que encaja en una pieza de espera en el cerco. Aldabillas formadas por barra delgada con el borde exterior curvada en forma de gancho que encaja en una armella situada en el cerco o bien palomillas metálicas o de madera (Fig. 4) que giran e impiden la abertura de las hojas.

En las ventanas se emplean los pasadores y cerrojos en las mas antiguas y la españoleta en las más actuales, uno de los mejores sistemas de cierre ya que sujeta la hoja abatible en tres puntos, que está formada por una barra que gira dentro de unas abrazaderas, los bordes superior e inferior están curvados en forma de ganchos de forma que al girar la barra los bordes se engancha en una piezas metálicas ancladas al

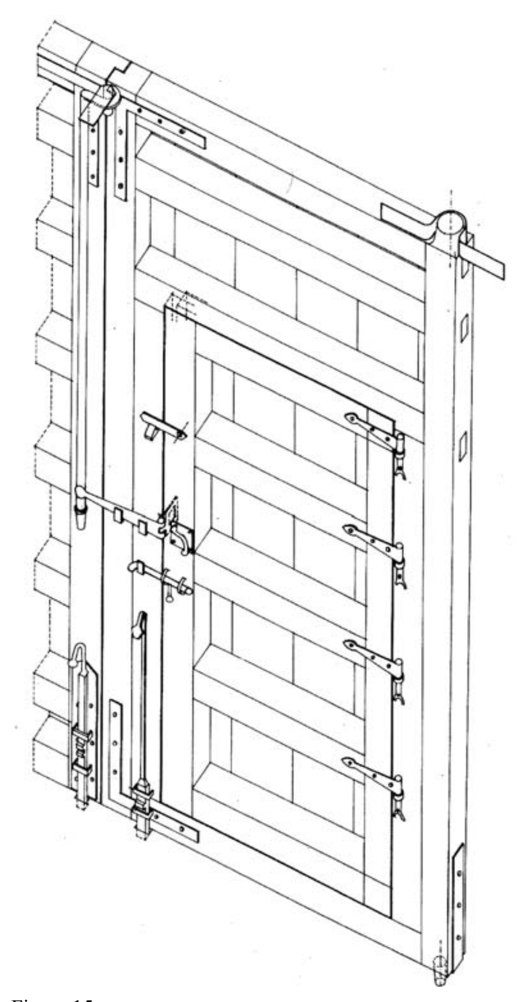


Figura 15
Portón de acceso a corral en el que se pueden distinguir: los quicios del larguero de fijas, el superior con abrazadera de hierro fijada al dintel de madera, las bisagras de la puerta de acceso de personas con las palas clavadas en el travesaño superior y peinazos que penetran en las piezas con pasador empotradas en la hoja de mayor tamaño, las escuadras de refuerzo en las esquinas del bastidor, en la tabla, para evitar el descuadre de las hojas y en el canto del mismo para reforzar el quicio inferior. Cerrojos y cerraduras para asegurar las tres hojas: un pasador en los cercos de las dos hojas grandes en la parte inferior y media españoleta para asegurar una de las dos hojas en la zona superior y las dos hojas entre sí, cerradura con llave y pasadores para cerrar la hoja de acceso de personas dentro de la hoja que hace de cerco. Las hojas tiene un rebaje a media madera para hacer de tope (Dibujo S. Camino)

cero, y en la parte central lleva un picaporte que gira y se encaja en un gancho de sujeción de forma que las hojas están sujetas entre sí en el centro y arriba y abajo al cerco.

Conclusiones

En la construcciones populares la carpintería de taller es de los pocos sistema que ha empleado la prefabricación y presenta una evolución de los sistemas de armado muy depurada empleando aquellos que mejor se adaptaban a la pieza que se quería construir, por lo que en zonas en las que el resto de la edificación se construye con formas y materiales muy diferentes como muros de piedra, o de tapia, o muros entramados, tejados de centeno o de lajas o de tejas podemos encontrar puertas y ventanas armadas de la misma forma. Los sistemas de herrajes presentan una variada gama de alternativas con soluciones con variantes en la ornamentación según las comarcas o el empleo de la madera y no solamente del hierro en los herrajes de cierre en determinadas zonas.

Lista de referencias

Arias, Federico de. 1893. *Carpintería Antigua y Moderna*. Barcelona: F. Nacente.

Cassinello, Fernando. 1973. *Construcción, carpintería*. Madrid: Rueda.

Gracía Grinda, José Luis. 1988. *Arquitectura popular de Burgos*. Burgos: Colegio Oficial de Arquitectos de Burgos.

Ger y Lobez, Florencio. 1915. *Manual de Construcción Civil*. 2ª edición. Badajoz: Imprenta y Papelería La Minerva Extremeña.

Estructura y singularidad del Cuaderno de arquitectura de Juan de Portor y Castro (1708-1719)

Rocío Carvajal Alcaide

El cuaderno de arquitectura de Juan de Portor y Castro, manuscrito de la Biblioteca Nacional, sig.Mss9114 es una obra dedicada al corte de cantería, redactado entre 1708 y 1719, donde se recogen numerosas trazas, tanto originales como copiadas de tratados ya impresos que circulaban por España en esas fechas. La aparición de un manuscrito redactado en fechas tan tardías pone de manifiesto que estos cuadernos que se copiaban y pasaban entre canteros eran el método común de divulgación del conocimiento obtenido de forma empírica en los círculos especializados.

En una primera aproximación a este cuaderno se ha procedido a la lectura y transcripción de los textos que aparecen en él para facilitar en una fase posterior el análisis geométrico de los diferentes modelos. Esta lectura ha permitido conocer algunos datos más acerca del autor del cuaderno y sugerir posibles vías de aproximación a esta obra que nos permitan establecer relaciones con importantes tratados anteriores españoles, como los de Martínez de Aranda y Vandelvira, con el fin de conocer la evolución de la transmisión del conocimiento del corte de la piedra en España[1].

El autor del cuaderno

Poco sabemos acerca de Juan de Portor y Castro. No obstante trataremos de hacer un recorrido breve a través de todos los datos que se han podido recopilar sobre él. Podemos decir que es Manuel Murguía quién habla por primera vez del autor del cuaderno, situando a Juan de Portor en Santiago hacia 1714 (Murguía 1884). Posteriormente el investigador Miguel Taín Guzmán ha aportado algunos datos más sobre él. Sugiere que pudo ser hijo de Juan de Portor y Catalina de Castro, ambos casados en Santa Susana el 23 de noviembre de 1669. A finales de 1700 aparece firmando como fiador de Domingo de Andrade en un contrato para la antigua capilla de nuestra Señora de la Soledad de la iglesia parroquial de Santa María Salomé en Santiago. Por último, aparece también un Juan de Portor en las nóminas de canteros asalariados en la Catedral de Santiago desde noviembre de 1710 (Taín 1998).[2]

La lectura del cuaderno aporta algún dato más acerca de su autor. En la página 47 aparece la siguiente anotación: « Granada, 8 de septiembre de 1708, asistiendo en San Felipe Neri. Gloria in excelsis deo», por lo que se puede asegurar que desarrolló parte de su actividad profesional en Granada y que pudo pertenecer a San Felipe Neri. Esta congregación se estableció en Granada en 1670 y el proyecto y construcción de su iglesia, fue encargado a Melchor de Aguirre que murió antes de que concluyeran las obras en 1695. La fachada data de 1699 y el cuerpo de la iglesia se abrió al público en 1717 (Gómez Moreno 1892). Actualmente la iglesia es de los Redentoristas y se llama Santuario del Perpetuo Socorro.

No aparece ninguna otra cita que nos aclare si estuvo en algún otro lugar trabajando, pero conoce algunas obras localizadas en el ámbito andaluz, que

cita como ejemplos construidos de algunas trazas, como la escalera de la lonja de Sevilla, la de la Real Chancillería de Granada, el palacio de Carlos V en la Alhambra o la Catedral de Jaén, obra que elogia y cita como referencia construida en el *arco avanzado por testa por plantas*: «Este arco está ejecutado una partida de ellos en una bóveda en la Santa iglesia de Jaén debajo de la sacristía mayor en el lado de mediodía, que la dicha bóveda y sacristía son las mejores piezas que hay en el reino». (Portor 1708, 17)

Resulta extraño que en el cuaderno no aparezca ninguna referencia a obras del ámbito gallego. Tampoco existen referencias a su trabajo en la Catedral de Santiago.

Descripción del cuaderno

El cuaderno mide 23,5 por 36 cm. Consta de 100 hojas de tres tipos diferentes de papel. Su contenido se estructura en tres partes. En primer lugar, un conjunto de trazas que podríamos llamar originales que se redactan a lo largo de 62 folios con dos formatos distintos. Las cuatro primeras hojas miden 21 por 31 cm. Presentan un color de tinta más claro que el resto de cuaderno. En la primera aparece: «Cuaderno de arquitectura de Juan de Portor y Castro. Se acabó año de 1708 junio a los 27 dicho año».Más adelante, en el margen inferior de la página 12 vuelve a aparecer la fecha de 1708 y en la página 45, como citamos anteriormente «Granada, 8 de septiembre de 1708, asistiendo en San Felipe Neri» En las dos siguientes, el dibujo de un arco carpanel y uno apuntado de gran tamaño ocupan prácticamente la totalidad de la hoja. Estas cuatro primeras páginas no están numeradas ni aparecen en la tabla que se incluye al finalizar esta parte del cuaderno. Cabe pensar que estaban originalmente escritas por una sola cara y posteriormente se utilizó el reverso para incluir algunas trazas copiadas del tratado de Tosca,. Tanto los dibujos como el texto son más pequeños y están realizados con tinta más oscura, en la línea de las que aparecen en la última parte del cuaderno. Cuando el texto que explica la traza no cabe en el reverso de la hoja donde esta dibujada, continúa en el anverso de la siguiente ocupando el poco espacio libre que queda bajo los dibujos ya existentes en estas hojas, probablemente escrito en el cuaderno cuando este ya presentaba el orden de la encuadernación actual y en una etapa posterior

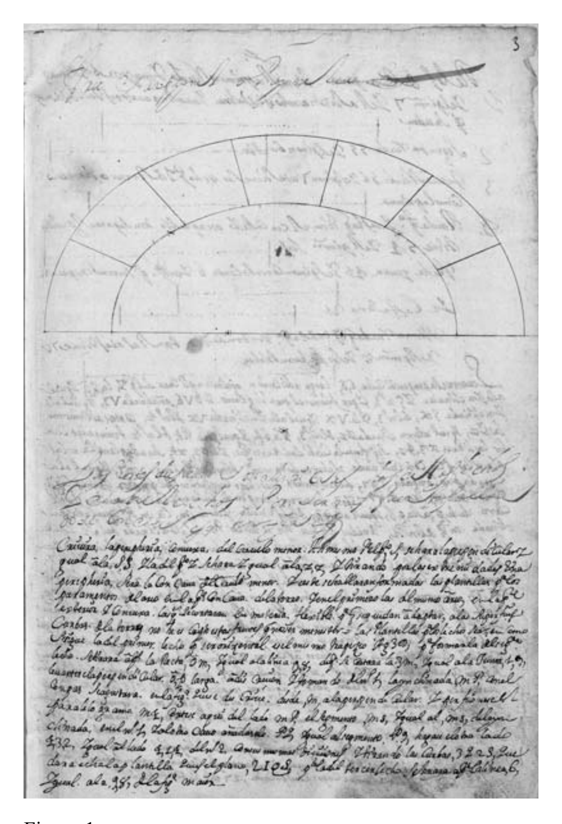


Figura 1
Cuaderno de Juan de Portor, página 2

a la del trazado de los dibujos de tinta más clara y que podríamos situar en torno a 1718-1719, fechas en que se realizó la redacción de la última parte del manuscrito (fig. 1).

A partir de aquí las hojas son de mayor formato. Miden 22 por 34 cm, con alguna intercalada entre ellas del tamaño de las primeras. Es a lo largo de estas 62 hojas donde se encuentra el contenido original del cuaderno. Termina esta primera parte con una tabla redactada en una hoja del formato de las cuatro primeras donde se intenta realizar un listado de las trazas que aparecen en esas páginas. En esta tabla aparece una intención de numerar y ordenar los contenidos de esta primera parte del cuaderno pero está incompleta y algunas trazas no figuran en el listado, como es el caso del *arco en torre redondo contra cuadrado* y del arco *en torre redondo y torre cavado en viaje contra viaje***.** Estos dos arcos aparecen por primera vez en la novena

página del cuaderno, numerada en la parte superior con el número 5, uno en el anverso y otro en el reverso y debajo de otra traza. El *arco en torre redondo* debajo del *arco en torre cavado.* Vuelven a repetirse en la página 19 pero esta vez los denomina *arco en torre redondo contra cuadrado por las testas* y *arco en torre cavado contra cuadrado por las testas*. Parece que en un principio esta hoja tenía una traza por cara y en una revisión posterior a la redacción de la tabla se completó con una traza más por cara en el espacio que quedaba bajo las primeras.

La numeración de la tabla comienza con la numeración superior de la página 5, rotulada con el número 1, pero esta numeración se modifica a partir de la página 8, quizá debido a que las páginas 9 y 10, de formato más pequeño, se incluyeron posteriormente. Esto genera otra numeración en la parte inferior que se mantiene constante y ordenada hasta la página 56. La numeración superior sin embargo es más irregular, sobre todo en las páginas dedicadas a escaleras donde llegan a aparecer hasta tres intentos de numeración. Después de la tabla hay una hoja en blanco, prevista quizá para finalizar el listado que ha quedado inconcluso, dejando sin incluir las trazas de las 38 hojas restantes. La última traza que aparece en esta parte es la *vuelta esférica por hiladas*, con una pechina en el reverso. El texto que acompaña a esta bóveda semiesférica termina con el siguiente comentario: «En esta bóveda se pueden echar artesones» (Portor 1708, 62). Este comentario no tendría mayor trascendencia sino hubiéramos leído en una página anterior otro que le da sentido. En concreto, en la *capilla cuadrada por rincones a medio punto los rincones*, Portor anota:

> Este género de bóvedas se pueden adornar con artesones de moldura. Adelante cuando hablemos de artesonar las capillas en vuelta de horno pondremos esta con arcos *payneles* y artesonada, que primero las pondremos todas las bóvedas lisas (Portor 1708, 59).

El hecho de que no existan en el cuaderno capillas decoradas se puede interpretar como una intención por parte del autor de completar el repertorio de trazas con un capítulo dedicado a la decoración de las bóvedas. Si se realizaron, no han llegado hasta nosotros. Otra posibilidad es que por algún motivo, esta idea se abandonó y el cuaderno se continuó con la copia de obras de otros autores.

Javier Gómez Martínez sostiene la teoría de que Portor se dedicó a completar con textos una serie de trazas mudas que llegaron a sus manos obra de otro autor anterior, pero comentarios como el anteriormente expuesto y otros muchos que se suceden a lo largo del cuaderno contradicen esta idea[3]. En el caso de la *pechina por rincón en torre redondo*, comenta: «Esta pechina tiene otro modo de sacar estas plantas y saltarreglas la cual pondré más adelante» (Portor 1708, 28 reverso). En efecto, unas páginas antes, en el reverso de la página 28 aparece otra vez esta misma traza, pero en este caso comienza su explicación con lo siguiente: «Esta pechina en la traza antecedente se sacaron sus plantas por línea concurrente. Aquí las sacarás por otra regla» (Portor 1708, 33 reverso). Aquí nos encontramos otra vez con la situación de páginas encuadernadas en una posición que no se corresponde con el orden que tenían en el momento de su redacción, pero esto es algo que se repite continuamente en el cuaderno. Desde luego la intención de incluir posteriormente otro método para resolver el mismo ejemplo no parece propio de alguien que se dedica simplemente a completar con textos un cuaderno de trazas mudas.

A partir de aquí se modifica la estructura del cuaderno. En esta segunda parte se continúa el cuaderno con 24 hojas en un formato más pequeño, como el de las cuatro primeras. En ellas aparecen una serie de dibujos de portadas, fuentes y otros dibujos como una basa y capitel de orden corintio y las proporciones de una columna *tuerta* copiada de Vignola, que conviven con la copia de los tratados de Fray Laurencio de San Nicolás (Fig. 2).

Por último, el cuaderno termina con la incorporación de ocho páginas de 38 por 41 cm. en papel verjurado de estrías dispuestas transversalmente que pliegan sus bordes superior y derecho para acomodarse al formato de las tapas que lo protegen. Estas últimas hojas presentan en primer lugar dos trazados de bóvedas de crucería de forma esférica que han sido consideradas por Javier Gómez Martínez obra de algún autor anterior andaluz que Portor incorporó al cuaderno (Fig. 3).

En el caso de ser así, se incorporaron esas trazas y seis hojas más de igual formato. Algunas estarían en blanco ya que presentan ambas caras ocupadas por trazas y textos copiados de Tosca. Aparecen también alguna descripción de relojes y algún texto curioso como los del reverso de la última página donde aparecen indicaciones para templar hierros o hacer cosas de cristal.

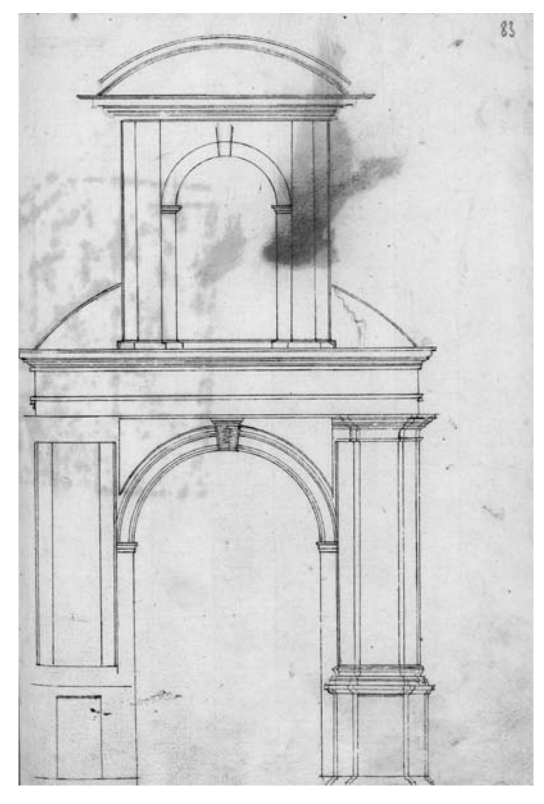


Figura 2
Cuaderno de Juan de Portor, página 83

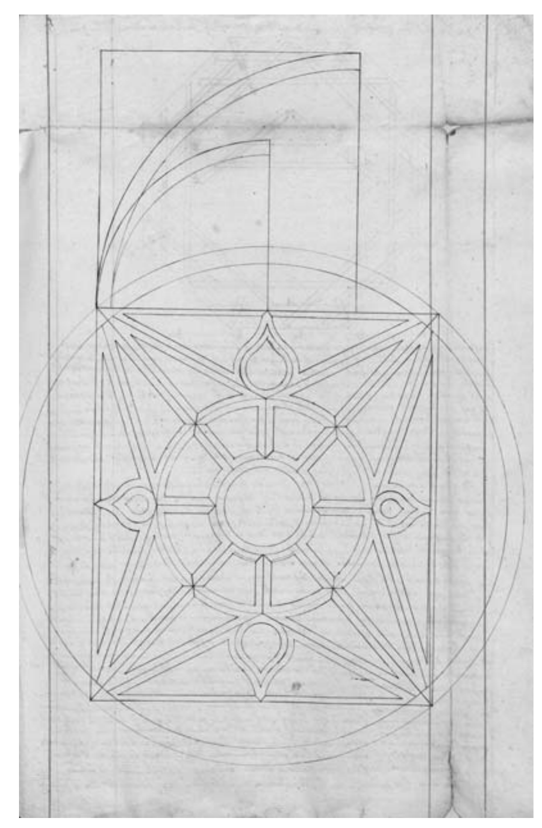


Figura 3
Bóveda de crucería (Portor 1708, 89)

El tomo V del Compendio Matemático de T. V. Tosca se publicó por primera vez en 1712 y por tanto no parece probable que Portor lo manejara ya en 1708, pero es en esta parte del cuaderno donde nos encontramos más referencias a diversas fechas, todas ellas posteriores: «28 de septiembre de 1718 día martes digo miércoles, noviembre 30 miércoles San Andrés me valga 1718, Diciembre 4 de 1718 a la 1 de la noche, día de reyes a 6 de enero del año del Señor 1719» (Portor 1708, 94-100), suponiendo así que la fecha de 1708 corresponde a la finalización de la primera parte del cuaderno, redactándose esta última a lo largo de 1718-1719.

Estructura y contenido

El conjunto de trazas que podríamos llamar originales conforman la primera parte del cuaderno. Se desarrollan a lo largo de 62 páginas y se organizan en seis grandes grupos: arcos, escaleras y caracoles, capialzados, lunetas y capillas. Por último el grupo de las pechinas, que aparecen dispersas a lo largo del cuaderno, a partir de las escaleras y hasta las capillas, muchas veces ocupando los reversos de las hojas.

Arcos y capialzados aparecen en el tratado de Martínez de Aranda con más extensión que en Portor. Lo mismo ocurre con las capillas que en Vandelvira se estudian al detalle, con múltiples variantes y dedicando la última parte de su tratado a la decoración de estas.

Los arcos suponen un total de 33 trazas distintas, algunas de ellas repetidas, siguiendo un cierto orden: Arcos rectos, arcos abocinados, arcos avanzados, en talud y en *acente* de cava, denominación que utiliza para definir aquéllos que aparecen cuando es necesa-

rio poner en contacto mediante una bóveda o arco dos puntos a distinta cota. Este tipo de arcos en el tratado de Vandelvira son denominados decendas de cava. (Palacios 2003, 109) Alguno aparece entre los capialzados y las capillas, pero salvo en casos muy concretos, la numeración de las hojas sigue el orden en que están encuadernadas y resulta complicado saber cual era su posición original. No obstante, en el texto que acompaña a los dibujos se citan referencias a otras trazas que nos permiten comprobar si su situación en el cuaderno es la correcta. Por ejemplo, en el *arco en viaje contra cuadrado por testas abocinado por plantas*: «Este arco es el mismo modo de montearlo y de sacar las plantas que el antecedente, no difiere en otra cosa más que en el viaje de las testas» (Portor 1708, 15) La traza antecedente debería ser el *arco abocinado en viaje* y sin embargo delante de esta traza aparecen dos hojas de formato más pequeño con arcos abocinados en torre redondo y torre cavado, uno en viaje y otro avanzado.

Esta situación no ocurre de forma aislada, sino que se repite en numerosos ejemplos, como ya hemos visto. El volver a situar la página en el lugar que le corresponde no sería tarea compleja sino estuvieran utilizados los reversos de las hojas, pues muchas veces ordenar una cara supone desordenar la otra, lo que hace pensar que esta parte del cuaderno se escribió en dos etapas y seguramente en hojas sueltas, tal vez utilizadas por una sola cara, completado su reverso en una revisión posterior.

Este primer grupo, aunque desordenado en ocasiones, presenta elementos comunes con los grupos de trazas del tratado de Ginés Martínez de Aranda, incluyendo siempre una traza donde se exponen las dificultades propias de cada familia, acompañada de una descripción extensa y con mucha notación en el dibujo, pasando a presentar sus variantes que se exponen de forma más esquemática y remiten a la traza introductoria (Calvo 1990).

La inclusión de este manuscrito en la escuela de los de Martínez de Aranda y Cristóbal de Rojas ha sido sugerida por José Calvo.[4] Estas relaciones podrían iniciarse estableciendo como vínculo a Juan de Aranda Salazar, sobrino de Martínez de Aranda y único personaje de referencia en la obra de Portor. Es en la catedral de Jaén y en la época en que Juan de Aranda ejercía como maestro mayor de la dicha catedral donde Portor referencia tres de los arcos que aparecen en su cuaderno. En la página 8 terminando la explicación del *arco por dos rincones por planta* expone:

> Este arco puse aquí por esta diferencia que tiene y por ser el primer corte que está ejecutado en la Santa iglesia de Jaén en el lado que mira al norte en la segunda planta en el estribo de la media columna que mira a la nave del crucero y se ejecutó año de 1643. También está ejecutado en la misma obra el de por esquina y rincón por plantas y viaje contra viaje por plantas en el mismo lienzo para dar luz a un caracol de mallorca y se ejecutó año de 1636 (Portor 1708).

Posteriormente, en el caracol que cierra esta familia de trazas, las referencias a Juan de Aranda vuelven a aparecer:

> Con esta planta daremos fin a los caracoles de este género. Que te prometo es una traza esta de estos caracoles muy grave que por lo menos yo estoy muy pagado que aunque no es traza que se ofrezca muchas veces ocasión para ejecutarla es traza para valerse de ella en una oposición como ya ha sucedido porque fue una de las trazas que valieron a un maestro mayor en la santa iglesia de Granada, Juan de Aranda Salazar en la oposición que tuvo con el maestro Bartolomé de Lechuga en dicha iglesia de Granada (Portor 1708, 31).

La parte dedicada a las escaleras merece también especial atención ya que el número de ejemplos que se analizan en este cuaderno y su exhaustiva descripción no tiene paralelismo en ningún tratado de cantería español. Portor recoge 7 modelos de escaleras clasificadas en dos grandes grupos según la disposición de sus juntas con respecto a la línea de la testa de la zanca: paralelas o *por hiladas derechas* y perpendiculares o *por hiladas atravesadas*. Se analizan también las posibilidades de zancas delimitadas por rectas, curvas o una combinación de ambas. Todas las tipologías están descritas con detalle y describen en algunas se citan ejemplos construidos, como es el caso de la escalera del patio de la Real Chancillería de Granada, la de la lonja de Sevilla o la de la iglesia del convento jerónimo de Santa Catalina en Talavera. La representación gráfica de estas escaleras de planta cuadrada presenta unas particularidades que es necesario aclarar para comprender mejor la intención didáctica de dichos trazados, diferente al concepto de proyecciones coordinadas que presenta el sistema diédrico. (Rabasa 2000, 337) En el alzado que acompaña a la planta se interpreta que la escalera es de ida

y vuelta , cuando en realidad en la planta vemos que es de tres tramos que discurren a lo largo de los planos que delimitan la caja (Fig. 4). Vandelvira presenta el alzado de cada uno de los tramos sucesivamente yuxtapuesto (Fig. 5), evidenciando que planta y alzado no son aún proyecciones coordinadas (Palacios 2003, 129).

En todas ellas se plantea el problema de resolver la transición entre las superficies de las zancas. Portor prueba diferentes diseños y juega con la forma y disposición de juntas para conseguir un acuerdo armonioso. Es en el último ejemplo denominado *escalera cuadrada torcida a nivel las mesas por hiladas derechas,* donde se consigue una transición en continuidad impecable (Fig. 4).

Muy vinculada a esta solución de escalera claustral existe otra traza que aparece justo antes del grupo de las capillas y después de los capialzados, denominada *bóveda en rincón de claustro capialzada oblicua para una escalera llana sin gradas* (Fig. 6) donde comienza con las siguientes palabras:

> Este corte es en mi sentir el corte de más inteligencia que hasta aquí he puesto y para entenderlo me parece que primero procures entender la escalera antecedente de las mesas a nivel por ser aquella escalera muy semejante en todo (Portor 1708, 48).

El plano alabeado de apoyo de esta bóveda coincide con los planos alabeados de las zancas de la escalera anteriormente citada. La traza es una de las más trabajadas, acompañada de un extenso texto dedicado

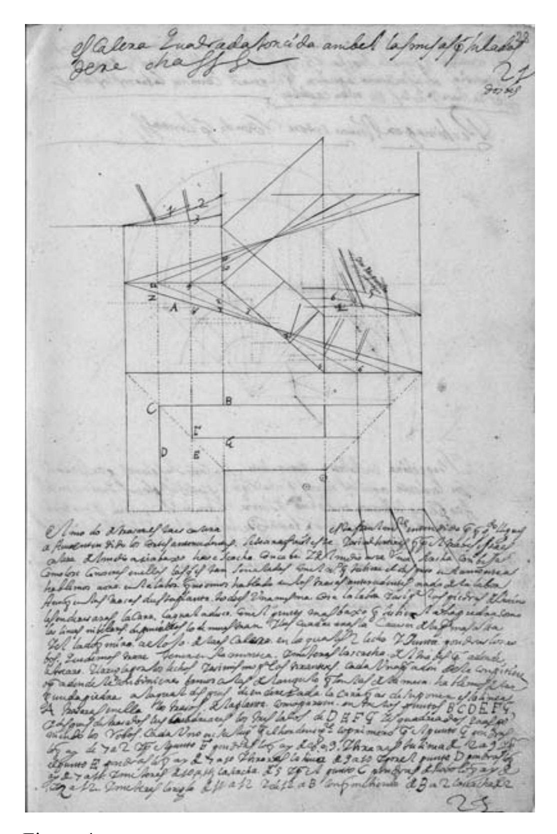


Figura 4
Escalera cuadrada torcida a nivel las mesas por hiladas derechas (Portor 1708, 28)

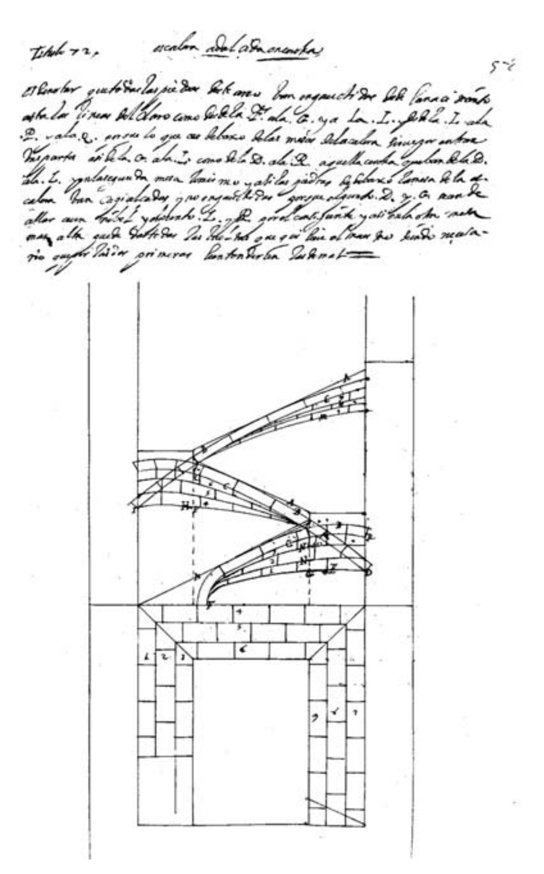


Figura 5
Escalera adulcida en cercha (Vandelvira, f58)

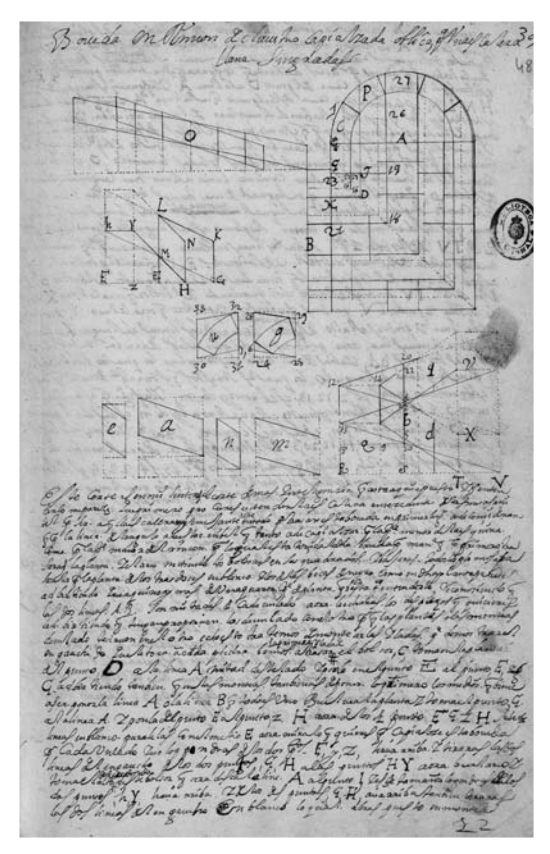


Figura 6
Bóveda en rincón de claustro capialzada oblicua para una escalera llana sin gradas (Portor 1708, 48).

Figura 7
Caracol de emperadores cuadrado (Vandelvira, 55v)

a explicar la labra de las distintas hiladas interrumpido bruscamente al final de la página, quedando el procedimiento sin concluir.

Esta traza aparece en el tratado de Vandelvira con el nombre de *caracol de emperadores cuadrado* (Fig. 7). Representa una escalera de caracol de planta cuadrada cubierta y sostenida por una bóveda de cañón que, al mismo tiempo, gira y asciende, estableciendo así relaciones con la familia de escaleras de caracol. Al igual que Portor, Vandelvira no hace referencia al trazado de la escalera y propone una posible solución constructiva en rampa.[5]

Por último, hablaremos de la familia de trazas destinada a solucionar el problema que se presenta cuando es necesario abrir huecos en la superficie de una bóveda de cañón. En el cuaderno de Portor se contemplan dos soluciones que siendo fieles a la denominación con que aparecen en los manuscritos del siglo XVI serán los llamados arcos avanzados y lunetas. El arco avanzado aparece con detalle en los tratados de Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda, pero no las lunetas, solución de forma apuntada que da lugar a una superficie reglada alabeada en el intradós de la pieza.[6]

Este elemento apuntado y capialzado no había sido tratado con anterioridad a Portor de forma rigurosa. No aparece en los textos españoles de cantería del siglo XVI pero sí en el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás, con un dibujo muy esquemático, acompañado de un texto que habla de las proporciones que deben guardarse entre bóveda y luneto, remitiendo a la

traza precedente de la capilla por arista para la labra de estas piezas.

Se conocen también las trazas de unos lunetos fechados en 1653, firmados por Martín de Calafate y Juan de Aranda Salazar (Fig. 7) en relación a la intervención de Aranda en la realización de un informe acerca de la iglesia prioral del Puerto de Santa María (Galera 2005), corrigiendo con su propuesta los errores de la traza de Calafate.

La traza de Aranda se reproduce en el cuaderno de Portor en el primer ejemplo, la *luneta capialzada en un cañón derecho* (Fig. 8), con alguna diferencia. Las proporciones entre bóveda y luneto no son iguales, quedando este más apuntado en la propuesta de Portor. La distribución de juntas en el luneto es en número impar en ambos casos pero mientras Aranda distribuye las juntas de la bóveda a intervalos regulares, Portor opta por la opción de distribuir regularmente las del luneto.

En este cuaderno el tema de los lunetos se trata por primera vez con detalle y de manera exhaustiva. Se presentan 5 trazas de lunetos, las dos primeras en bóveda de cañón: en *cañón derecho* y en *cañón derecho perlongado*. En el primer caso expone el método de traza y en el segundo el de labra, obligando al estudio de estas dos situaciones simultáneamente, evitando repeticiones innecesarias de un mismo procedimiento. Las siguientes situaciones son *en vuelta redonda, por esquina y en una media naranja*. Existe otra traza que es un caso particular de esta última, *la capilla cuadrada que empieza en arista y acaba en rincón* (Fig. 9), donde nos remite a las descripciones de dichos lunetos para su comprensión: «Primeramente has de suponer para entenderla más fácil que nos ponemos a montear una luneta capialzada». (Portor 1708, 49) Aquí la intersección entre los cañones que conforman la bóveda se produce mediante arcos de medio punto, lo cual causa una elevación de la clave de la bóveda con respecto a la de los arcos que la delimitan, generando una superficie apuntada y capialzada entre el arco y la bóveda.

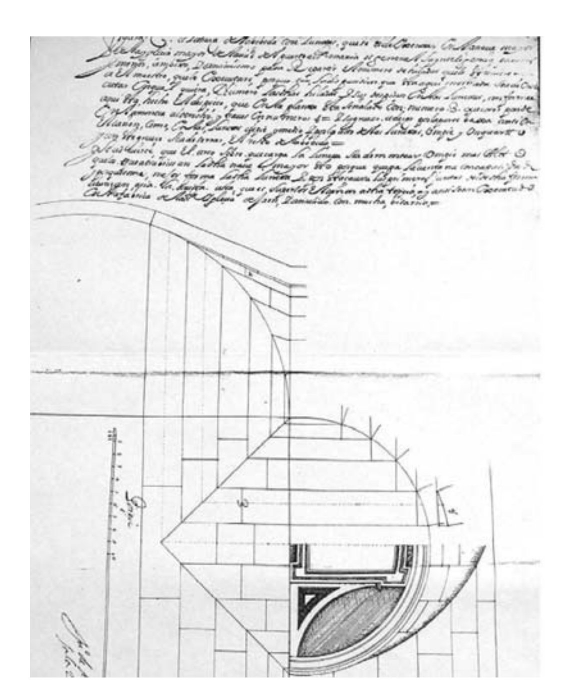


Figura 8
Juan de Aranda Salazar. Lunetos en cañón (Galera 2005)

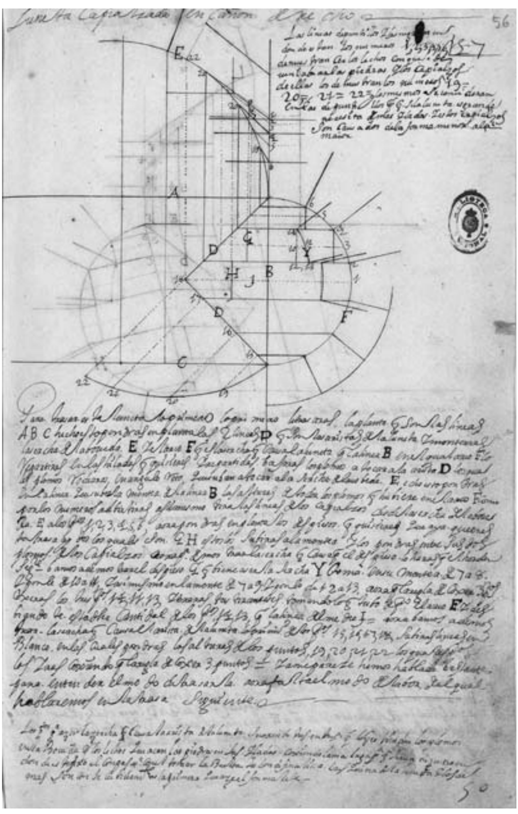


Figura 9
Luneta capialzada en un cañón derecho (Portor 1708, 56)

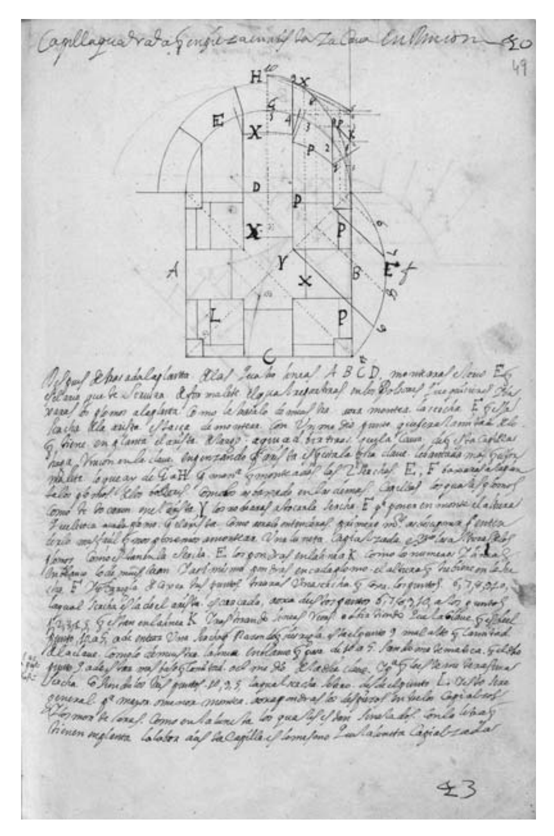


Figura 10
Capilla cuadrada que empieza en arista y acaba en rincón (Portor 1708, 49)

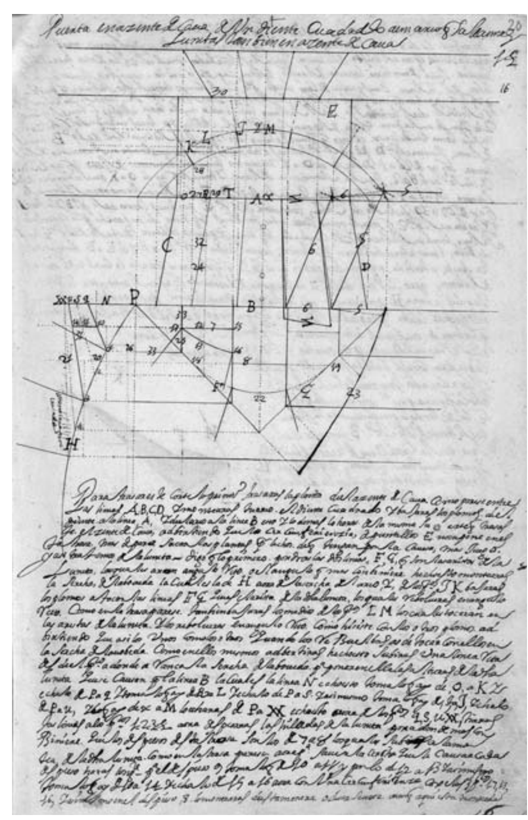


Figura 11
Puerta en *acente* de cava de un diente cuadrado a un arco que sale a unas lunetas también en *acente* de cava (Portor 1708, 20)

En relación al tema de los lunetos, merece también especial atención otra traza a la que dedica una extensa y detallada explicación. Portor la denomina *Puerta en acente de cava de un diente cuadrado a un arco que sale a unas lunetas también en acente de cava* (Fig. 10).

En esta traza se aborda el problema del luneto generado entre el arco y la bóveda con una particularidad con respecto a los lunetos capialzados y es que en este caso el vértice del luneto queda por debajo del nivel de la clave del arco y por tanto las juntas del luneto descienden para encontrarse con la bóveda.

Aquí se vuelve a manifestar una clara intención de relaciones entre trazas, tema muy recurrente en el cuaderno, donde en muchas ocasiones remite a trazas anteriores para solucionar problemas comunes a más de una familia: « …lo demás de las lunetas lo labrarás como labras las piedras de la luneta capialzada que en suma todo viene a ser uno en *acente* de cava o capialzada» (Portor 1708, 20).

NOTAS

1. El presente trabajo forma parte de una investigación llevada a cabo dentro del ámbito del proyecto de investigación: Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico. Análisis de ejemplos construidos. (BIA 2009-14350-C02-01) del que es investigador principal Enrique Rabasa Díaz.

2. La historiadora Geneviève Barbé–Coquelin de Lisle ha realizado una interesante recopilación de todos los datos que se conocen acerca de Juan de Portor y que ha sido la referencia para este breve resumen. Se pueden consultar más detalladamente en su comunicación *Creatividad y sumisión al poder de la iglesia. Juan de Portor y Castro y su cuaderno de arquitectura manuscrito, un testimonio ejemplar (1708-1719)*.de las XIII Jornadas Internacionales de Historia del Arte celebradas en Madrid, 20-24 de noviembre de 2006 (Barbé-Coquelín 2006).
3. Javier Gómez Martínez sostiene que las dos bóvedas de crucería que aparecen en el cuaderno son trazas de montea originadas en el contexto andaluz que Portor incorporó al cuaderno, al igual que el conjunto de trazas de la primera parte del cuaderno. Son las partes copiadas de Tosca y los dibujos más heterogéneos de fuentes, columnas, portadas…las que considera atribuibles a Portor.
4. José Calvo López ha analizado exhaustivamente numerosas trazas de las que aparecen en este cuaderno en relación a las de Ginés Martínez de Aranda en su tesis doctoral «Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda, estableciendo numerosas similitudes entre estos dos manuscritos, indicando una posible vía de comunicación a través de la figura de Juan de Aranda Salazar y su descendientes (Calvo 1999).
5. Alberto Sanjurjo Álvarez ha presentado una comunicación en el II Congreso Internacional de Historia de la Construcción dedicada al caracol de emperadores cuadrado donde se puede profundizar más en estas relaciones (Sanjurjo 2006).
6. En relación al problema que se plantea al abrir huecos en una bóveda de cañón se puede consultar la comunicación de José Calvo López, presentada en el V Congreso Nacional de Historia de la Construcción donde se estudian las diferencias entre estas dos familias de trazas a la vez que analiza las propuestas de Portor y Fray Lorenzo de San Nicolás (Calvo 2005).

Lista de referencias

Barbé-Coquelín de Lisle, Geneviève. 2006. «Creatividad y sumisión al poder de la iglesia. Juan de Portor y Castro y su cuaderno de arquitectura manuscrito, un testimonio ejemplar (1708-1719)» en *Actas del XIII Congreso Internacional de Historia del Arte*. Madrid, CSIC 2008.

Calvo López, José. 1999. «Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda. Tesis Doctoral inédita presentada en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid bajo la dirección del Doctor Arquitecto Enrique Rabasa Díaz.

Calvo López, José. 2007. «Lunetas y arcos avanzados. El trazado de un elemento constructivo en los siglos XVI y XVII». En *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Madrid, I. Juan de Herrera

Galera, Andréu, Pedro. 1977. *Arquitectura de los siglos XVIII y XIX en Jaén*. Caja General de Ahorros de Granada.

Galera, Andréu, Pedro. 2005. Un epígono del clasicismo en la Baja Andalucía. Juan de Aranda Salazar. *Atrio, Revista de Historia del Arte* 10/11: 17-26.

Gómez Martínez, Javier 1998. *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de crucería.* Valladolid: Universidad.

Gómez-Moreno Calera, Manuel 1892. *Guía de Granada.* (facs. Ed. Universidad de Granada Instituto Gómez Moreno de la Fundación Rodríguez Acosta. Granada, 1982)

Murguía, Manuel. 1884. *El arte en Santiago durante el siglo XVIII y noticia de los artistas que florecieron en dicha ciudad y centuria.* Madrid: Est. Tip. de Fernando Fé.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*. Madrid: Munillalería.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

San Nicolás, Fr. L.1639 y 1664. *Arte y uso de arquitectura*. Madrid:s.1.Imprenta de Juan Sánchez. (Facs. Valencia, Albatros, 1989).

Sanjurjo Álvarez, Alberto. 2006. «The vis Saint Gilles Quarrée or the Caracol de Emperadores Cuadrado: a model frequently encountered in Spanish-french architectural treatises from the Modern Period». En *Proceedings of the Second International Congress on Construction History.* Exeter: Construction History Society.

Taín Guzmán, Miguel. 1998. *Domingo de Andrade, Maestro de Obras de la Catedral de Santiago* (1639-1712). A Coruña: Ediciones do Castro.

Tosca, P. Thomas Vicente, Compendio mathematico…, Valencia, Antonio Bordazar, 1707-15 (1721-27, 1757) 1794. *Tratado de arquitectura civil, montea y cantería y reloxes.* Valencia: Hermanos Orga (Ed. facsímil. Valencia: Librería París-Valencia, 1992)

Vandelvira, Alonso de. c. 1575-1591. *Libro de traças de cortes de piedras*, copias manuscritas en Mss.12.719 de la Biblioteca Nacional de Madrid y R. 10 de la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de Madrid (facsímil de la segunda: Geneviève Barbé-Coquelin De Lisle. 1977. *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Albacete: Caja de Ahorros).

Vignola, J.B. 1593. *Regla de los cinco órdenes de arquitectura*. Ed. facsímil de la edición traducida del toscano por Patricio Cajés, Madrid. Eds. Facsímiles. Valencia: Albatros, 1985; Madrid: Fundación Cultural COAM, 1994.

Acueductos en las haciendas de Mexico

Antonio de las Casas Gómez
Isabel García García

Existen en el territorio mexicano todo un conjunto de acueductos sobre arquerías verdaderamente notable, aunque desgraciadamente bastante desconocido. De este desconocimiento se salvan los acueductos existentes en algunas ciudades, construidos para el abastecimiento de su población y afortunadamente perfectamente conservados, entre los que cabe citar los de Morelia en Michoacán, el de Querétaro, el de Chihuahua y otros. Sin embargo otros desaparecieron o fueron destruidos por el desarrollo urbano, como el de Chapultepec en México, D.F.. Hay otro gran número de acueductos que se construyeron en los grandes latifundios, las haciendas, que son los que presentamos en este trabajo. Entre ellos veremos ejemplares absolutamente sorprendentes, muchos bastante bien conservados.

Antecedentes

Cuando los españoles llegan a los territorios que hoy forman el estado de México se encuentran con unas civilizaciones en algunos casos fuertemente urbanizadas, y que por tanto han tenido que enfrentarse con los problemas del agua potable, desarrollando sistemas hidráulicos, en algunos casos muy sofisticados, y que denotaban un buen conocimiento de la materia. En el caso de Tenochtitlan el problema del agua era especialmente complicado y por tanto habían tenido que recurrir a sistemas hidráulicos de gran complejidad. Situada en un conjunto de lagos, Texcoco, Chalco y Xochimilco, la ciudad tenía que defenderse a la vez de las inundaciones producidas por las lluvias en una cuenca endorreica y, dada la mala calidad de esas aguas desde tiempos antiguos, abastecerse de agua potable transportándola desde las zonas aledañas. Cuando los españoles llegan a Tenochtitlan, y así lo cuenta el propio Hernán Cortés, existían un conjunto de acueductos consistentes en unos canales hechos con madera, tierra y plantas, o piedras con estuco, sobre taludes o semiflotantes a base de canoas llenas de morrillo y carrizo, llamados apipilolli en lengua nahual. Ellos permitían llevar al centro de la ciudad agua potable desde los manantiales de Chapultepec y Coyacán siguiendo la calzada de Iztapalapa. Allí era repartida mediante canoas a la mayor parte de la población y mediante una red de acequias a las casas de la nobleza mexica. Las continuas interrupciones producidas por las averías de tan frágil conducción habían llevado a construir dos conductos paralelos que permitían llevar aguas de distinta calidad simultáneamente o utilizar uno de ellos solamente mientras se reparaba o se limpiaba el otro (Navarrete 1996).

A la llegada de los españoles, inmediatamente vieron que era necesario y urgente mantener los acueductos en perfecto funcionamiento y así lo hicieron en principio utilizando las mismas técnicas de los indígenas. Pero desde época muy temprana se darían cuenta de que éstas podían ser mejoradas y empezarían a construir acueductos en base a canoas o troncos ahuecados elevados sobre horcas de madera y

más tarde sobre arquerías de piedra o piedra y ladrillo, tal como habían visto en su tierra de origen. El arco no era conocido en las culturas prehispánicas, ni siquiera en aquellas que habían desarrollado una intensa actividad constructiva antes de la llegada de los españoles, como los mayas, aztecas o mexicas. Por lo tanto este sistema fue llevado por los españoles ya desde época muy temprana como veremos enseguida.

LOS ACUEDUCTOS EN ESPAÑA Y EN LOS TRATADOS DE CONSTRUCCIÓN DISPONIBLES

¿Qué acueductos podrían conocer los españoles que llegaron a la Nueva España? Dado que las expediciones salían de los puertos andaluces de la costa atlántica, Cádiz, Sevilla o Huelva, en las zonas cercanas es donde debemos buscar los acueductos que tomarían como modelo los primeros constructores, en general gente de escasa o ninguna formación teórica, aunque muy pronto podría conocer cualquiera de la península e incluso, en algún caso, acueductos de otros países, visitados en viajes comerciales o en expediciones militares.

En primer lugar hay que citar el denominado Caños de Carmona en la propia Sevilla, de origen romano aunque muy transformado por los árabes y que ha estado en funcionamiento hasta 1912, completamente de ladrillo. Constaba la zona elevada sobre el terreno de más o menos 400 arcos sobre pilares, pues grandes tramos transcurrían apoyados en el terreno o subterráneos. En segundo lugar los acueductos de Mérida en la provincia de Badajoz, dos acueductos importantes con arcadas que se conservan parcialmente hasta la actualidad: el de los Milagros y el de San Lázaro, ambos de piedra y ladrillo, mezcla que encontraremos con frecuencia en México. El primero, de finales del siglo I a.C., que conducía el agua a la ciudad desde el embalse de Proserpina, tenía una longitud de 840 m de arcadas y una altura máxima de 25 m., el segundo traía a la ciudad el agua procedente de varios arroyos y manantiales situados al norte y noroeste pero solo se conservan unos pocos pilares y sus arcos intermedios.

Naturalmente se puede pensar en otros acueductos entre los que hay que destacar el de Segovia, que ya gozaba de justa fama y otros de menor importancia como los de Baelo Claudia, ciudad romana en la pro-



Figura 1
Acueducto de los Milagros en Mérida

vincia de Cádiz cerca de Tarifa o el de Almuñecar en la provincia de Granada. Igualmente habría que tener en cuenta una serie de acueductos contemporáneos con los de Méjico, entre los que cabe citar los de San Antón en Plasencia y los Arcos de Teruel del siglo XVI, o el de San Miguel en Algeciras construido hacia 1780.

La construcción en la Nueva España (Loría 2004), tras la llegada de los españoles, se organizó a imagen y semejanza de las instituciones, usos y costumbres de la península. Los trabajadores estaban organizados en gremios según los distintos oficios. En la construcción de los acueductos participaría un primer grupo de oficios relacionados con la extracción o fabricación de materiales de construcción, especialmente los canteros y los dedicados a la fabricación de ladrillos y aglomerantes, particularmente la cal. Un segundo grupo, que en el caso de los acueductos adquiere una singular importancia, el de los trabajos destinados al diseño, traza y dirección de la obra, algo parecido a lo que más adelante serán los arquitectos e ingenieros. Dadas las exigencias de una rigurosa nivelación de la obra, para evitar el total fracaso de la obra, habría que recurrir a expertos alarifes que asegurasen el éxito de la misma. El tercer grupo lo constituían aquellos oficios relacionados directamente con la ejecución de las obras, entre los que cabe destacar los carpinteros para la fabricación de cimbras y andamios y los encargados de las fábricas, de piedra, ladrillo o mixtas.

Cada gremio establecía unas ordenanzas en que quedaban fijadas las condiciones para el acceso a la profesión, aunque estas eran modificadas con frecuencia y eran distintas para cada ciudad, o al menos en las principales de ellas. El acceso a la profesión se llevaba a cabo entrando de aprendiz al servicio de un maestro por una serie de años, tras los cuales obtenía la categoría de oficial, lo que le permitía ejercer el oficio a las órdenes de un maestro. Transcurridos una serie de años y cumplidas ciertas condiciones, entre las cuales estaba contar con la cantidad necesaria para establecerse por su cuenta, podía solicitar la realización de una prueba para alcanzar el grado de maestro (Terán 1998).

En los tratados de construcción utilizados en la época, hasta finales del siglo XVIII, solamente en alguno de ellos (Plo 1767), dedicado precisamente al virrey de México, se dan orientaciones sobre la pendiente que debe darse a los canales de agua: Una pulgada cada 100 varas, igual 1/3.300 (Terán 2001). Mucho más completo, un verdadero tratado sobre los acueductos con multitud de temas y figuras, encontramos en *Los 21 libros de los ingenios y las máquinas*, atribuido a Juanelo Turriano, en los que se dedica a los acueductos el tomo segundo libro sexto: *Del llevar aguas en diversas maneras y de aguaductos*; libro séptimo *Para llevar aguas que passen unas por debajo de otras*; y el libro octavo *De las diferencias que ay en el llevar de las fuentes*. Sin duda para hacernos una idea de cuales eran los conocimientos de hidráulica de los arquitectos novohispanos del siglo XVII contamos con los escritos del carmelita Fray Andrés de San Miguel. Nacido en Medinasidonia (Cadiz) en 1577, desarrolla una amplia actividad constructiva y era considerado especialista en hidráulica. Mantuvo una agria polémica con Enrico Martínez sobre las obras de desagüe de los lagos que éste estaba dirigiendo. Muere en 1644 en Salvatierra (Guanajuato) (Toussaint 1945). Desgraciadamente nada sabemos de los conocimientos teóricos, ni los instrumentos de nivelación que tendrían Fray Antonio de Bermul constructor del acueducto de Acámbaro, Fray Francisco de Tembleque constructor del de Zempoala, el hermano jesuita Pedro Beristain constructor del de Xalpa o Ildefonso Iniesta arquitecto que intervino en este último y en el de los Remedios, el único de los citados del que consta que contaba con una preparación teórica.

Los acueductos urbanos

Tras las reparaciones de los acueductos realizadas en Tenochtitlan desde los primeros días después de la conquista, muy pronto nos encontramos con construcciones llevadas a cabo con ideas nuevas importadas de la península, para abastecer a ciertas poblaciones. Nueve años después de la llegada de Cortés, en 1527 el franciscano Antonio de Bermul comienza el primer acueducto conocido sobre arcos en Acámbaro, Guanajuato. Mucho mayor significado tiene sin embargo el construido en 1571, por el también franciscano Fray Francisco de Tembleque en Zempoala, Hidalgo (Mendieta 1870; Torquemada 1983), para llevar agua desde el cerro de Tecajete al pueblo de Otumba, en el actual estado de México. Se trata de un acueducto de 44 km con tres arquerías: la primera, en la Hacienda Tecajete, de 46 arcos; la segunda de 13, en la Hacienda de los Arcos; y la más importante y conocida cerca de Zempoala, con 67 arcos, una longitud 1.020 metros, una altura máxima de 38,75 metros y un canal de 36 por 20 cm. Construido en mampostería con sillares de una esmerada talla en las bóvedas y esquinas de las pilas, aún se conserva en magnífico estado de conservación. El construir una conducción de esa longitud con un desnivel de 200 m sin duda exigía unos conocimientos muy avanzados.



Figura 2
Acueducto del Padre Tembleque en Tepeyualco, Hidalgo

Ya en el siglo XVI y hasta los inicios del siglo XX se levantan en México numerosos acueductos para abastecimiento de las ciudades, algunos de ellos con grandes arquerías. Podemos citar entre ellos los de Santa Fe o Tlaxplana, Belen o Chapultepec (XVI), hoy prácticamente desaparecidos, en el Distrito Federal, los Remedios en el Estado de México (1765), los de Querétaro (1738), Morelia (1785), Guadalajara (1903), Chihuahua (1783), San Luis Potosí (1833) o Zacatecas (1810) y otros muchos (Romero de Terreros 1949).



Figura 5
Acueducto de Morelia, Michoacán



Figura 3
Acueducto de Belén o Chapultepec, México D.F.



Figura 6
Acueducto de Zacatecas, Zac.



Figura 4
Acueducto de Querétaro, Que.

Las haciendas en México

Desde el inicio mismo de la conquista los españoles crearon las encomiendas de indios y el repartimiento de tierras y aguas a la manera cuasi feudal, ideal que perseguían los conquistadores. Con ello se ponen las bases del latifundio que en el siglo siguiente desembocará en la creación de la hacienda, institución típica mexicana que perdurará al menos durante tres centurias. Las explotaciones mineras fueron sin duda la gran aspiración de los españoles, pero para hacerlas posibles, además de aprovechar las explotaciones agrícolas existentes antes de su llegada, que eran capaces de abastecer las importantes ciudades existen-

tes, hubo que crear nuevas explotaciones. Ellas estaban las dedicadas fundamentalmente a nuevos cultivos como los cereales, especialmente el trigo, la caña de azúcar y las dedicadas a la ganadería. Con ellas se buscaba cubrir las necesidades alimenticias, las muy importantes de animales de trabajo o para el acarreo de mercancías. Aunque solían ser especializadas, no fue infrecuente que las haciendas mineras contasen también con una importante explotación agrícola para garantizar su propio abastecimiento (Rendón 1994; von Wobeser 1989).

Haciendas azucareras

Las haciendas azucareras fueron unas de las más importantes, desde los primeros años tras la llegada de los españoles. Ya Hernán Cortés llevó desde Cuba la caña de azúcar, donde se había introducido muy tempranamente. Él mismo y una buena parte de sus hombres, junto con las órdenes religiosas y la nobleza, recibieron mercedes de tierras en lo que actualmente son los estados de Morelos y Guerrero, en las que crearon enormes haciendas destinadas a este cultivo. Tuvieron una gran importancia entre los siglos XVII y XIX, gracias a que era de los pocos cultivos con valor comercial. Al tratarse de una planta muy exigente en agua, hubieron de realizarse importantes obras hidráulicas, en particular acueductos y jagüeyes o estanques, para asegurar el riego y más tarde también para mover las máquinas para la elaboración de la caña. De esta forma se transforman los trapiches en ingenios, al sustituir la tracción animal por la hidráulica. Éste último uso exigió en muchas ocasiones la realización de importantes acueductos para tener el agua con una determinada altura para mover la maquinaria.

Haciendas mineras

Junto con las anteriores eran las más importantes, pues de ellas se extraían los metales, principalmente plata, la riqueza más importante y codiciada de la época. Aunque originariamente se dedicasen de forma exclusiva a estas labores, pronto se dedicaron también a trabajos agrícolas, como queda dicho, ya que se encontraban muy alejadas de las zonas en donde podrían abastecerse de alimentos. El agua se utilizaba para abastecimiento de personas y animales y riego de los campos, y pronto para la molienda de los minerales, lo que podía exigir obras de mayor envergadura.

Entre estas haciendas cabe citar, a modo de ejemplo, la de San Juan Bautista en Taxco, cuya construcción parece ser que fue ordenada por el conquistador Hernán Cortés antes de su partida en 1540. Destaca en ella el ingenioso sistema de conducción de agua, a través de las paredes de la propia construcción, una red o sistema hidráulico intramuros, que servía para conducir el líquido, desde el acueducto principal, que parcialmente se conserva (Fig. 8), hasta los molinos del mineral y los patios con estanques.

Las haciendas de beneficio de metales debían recibir de las minas las piedras de mineral; despedazarlas o triturarlas; extraerles el mineral, en este caso la plata; hacer lingotes con los metales extraídos y sacarlos de la región en caravanas de mulas. Para moler las piedras había molinos de tracción animal y otros movidos por agua, de manera que las corrientes naturales eran muy apreciadas en las regiones mineras.

En un principio, la plata se extraía utilizando el método de las lumbradas; es decir, se aplicaba fuego a las piedras, lo que no permitía extraer el metal limpio. Se atribuye al dominico de origen sevillano Bartolomé de Medina (1530-1580), asentado en el Mineral de Pachuca, la idea de la amalgama en frío del mineral con el azogue o mercurio. El método consistía en mezclar el polvo negro, que se obtenía de las piedras molidas, con el mercurio, para extraer la plata. Ya amalgamados, los dos metales eran separados mediante calentamiento para evaporar el mercurio que en parte se recuperaba y en parte se perdía. Este método se denominaba «beneficio de patio», porque el proceso se realizaba en patios con estanques a cielo abierto que se pueden ver perfectamente en la ex hacienda de Taxco el Viejo. El sistema de beneficio de patio resultaba costoso, pero transformó la economía de la Nueva España al duplicar la cantidad de plata extraída, y por lo menos redujo a la mitad el consumo de madera.

Haciendas cerealistas

Con la llegada de los españoles el trigo vino a generalizarse como alternativa al maíz que hasta su llegada había sido el soporte fundamental de la alimenta-

ción de la población. De esta forma se crearon en el centro de México grandes haciendas dedicadas a este cultivo destinado principalmente al abastecimiento de la población de origen español de las ciudades. Como se trata de un cultivo de secano no dieron lugar a la construcción de acueductos, excepto en algún caso para alimentar los molinos necesarios para elaborar la harina.

Haciendas ganaderas

Dadas las grandes necesidades que enseguida aparecieron de animales de carga y trabajo, para el traslado de personas, para el ejército, para la alimentación, etc., se formaron haciendas dedicadas a la cría del ganado, que más alejadas de las grandes poblaciones ocupaban amplios espacios. En ellas apenas se hacían obras hidráulicas por no ser necesarias.

Otras haciendas

Ya desde muy temprano o en épocas posteriores aparecieron haciendas especializadas en otros tipos de producciones. Cabe citar entre las mismas y con origen muy temprano, las dedicadas a la cochinilla y el índigo, tinturas muy apreciadas. Las pulqueras y mezcaleras para el cultivo del magüey y la elaboración de las bebidas alcohólicas extraídas del mismo, el pulque, el mezcal y el tequila. Al tratarse de una planta muy poco exigente en agua no necesitaban hacerse obras hidráulicas. En la península del Yucatán adquirió gran auge el cultivo de otra especie de magüey, el henequén, utilizado en la fabricación de fibras, que aunque de origen prehispánico, adquirió una gran importancia en el siglo XIX, dando lugar a las haciendas henequeneras. También tuvieron en distintas épocas y en diferentes zonas según el clima y el agua necesarios, una gran

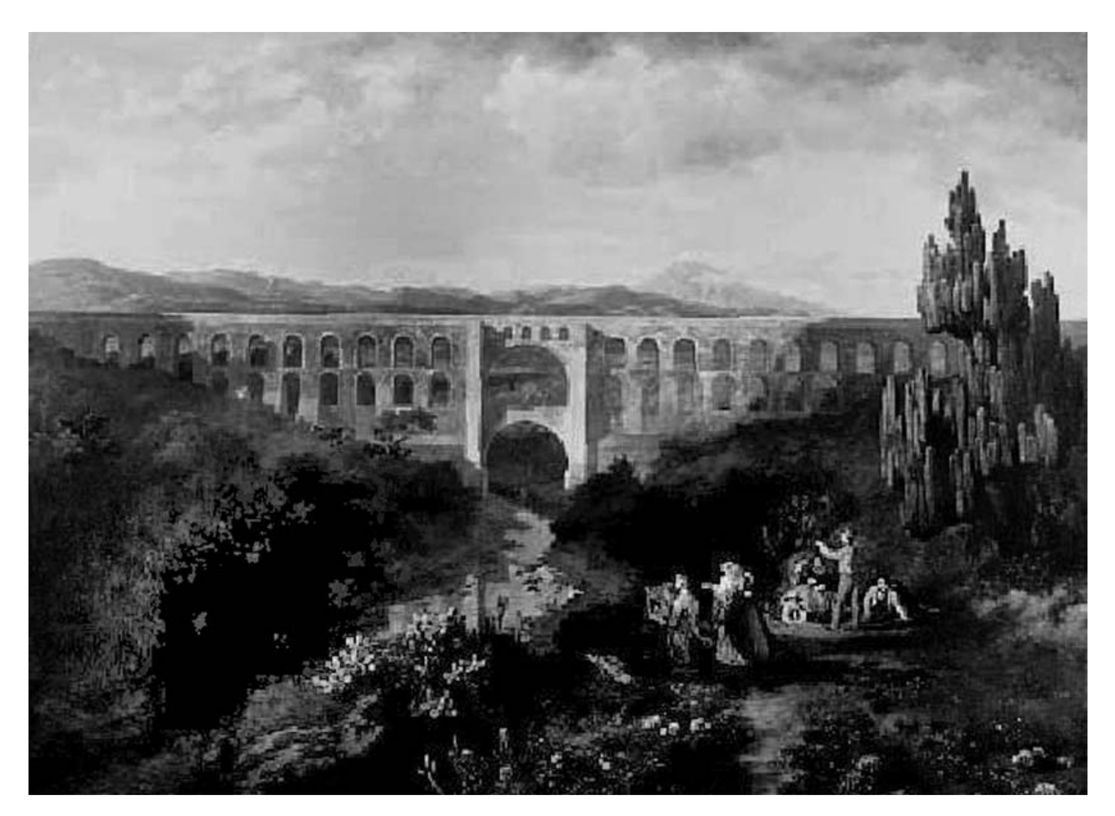


Figura 7
Acueducto de la Hacienda de San Lucas Matlala, Puebla

importancia las haciendas dedicadas al cacao y al café.

Los acueductos de las haciendas

Desde la época prehispánica fue necesaria, para mantener a la población de las grandes ciudades y los campos, la construcción de obras hidráulicas, presas, acueductos y canales, debido a la prolongada época de sequía en mucha zonas. Aparentemente en el inicio los españoles utilizaron las obras existentes, pero muy pronto introdujeron innovaciones. Por ello desde el siglo XVI se construyeron presas, canales y acueductos para conducir el agua a las explotaciones mineras (Navarrete 1996).

En la agricultura también fue precisa la construcción de obras hidráulicas. En los cultivos, cuyo ciclo de crecimiento era más largo que la época de las lluvias, la irrigación era indispensable, el agua de irrigación además de humedecer el suelo, proporcionaba fertilizantes a la tierra y por esta razón se llegó a practicar inclusive en la época de lluvias, además mataba a algunas plagas como las ratas y las hormigas. En las regiones donde existían fuentes de agua, la construcción de obras hidráulicas se centró en la conducción del líquido, mientras que en las regiones donde estas fuentes eran escasas se hizo necesario además la ejecución de obras de almacenamiento. El agua se conducía a las haciendas a través de acueductos, que frecuentemente terminaban junto al cuarto de molienda para accionar el molino. Estos acueductos llegaban a medir muchos kilómetros, en el siglo XIX, la hacienda azucarera de Santa Ana de Tenango en Morelos tenía una red de acueductos de 37 km, sin contar la distribución del agua dentro del ingenio.

La necesidad de contar con suficiente agua fue tan grande que, en algunas haciendas, el valor de las obras de infraestructura hidráulica llegó a representar un alto porcentaje del valor total de la propiedad, como en la hacienda de San Antonio de Atlacomulco en Morelos, en la que suponía un tercio del mismo. Las haciendas azucareras se extendieron principalmente por los estados de Puebla, Morelos, Michoacán y Veracruz. Solamente en el primero de estos estados, en el municipio de Izucar de Matamoros, se encuentran todavía restos de acueductos en las haciendas de San Nicolás Tolentino, San Félix Rijo, San Juan Raboso, San Lucas Matlala, San Juan Colón, y en otras nueve más.

Materiales

Los acueductos construidos en las haciendas son de materiales muy diversos, predominando el ladrillo y la mampostería y siendo menos abundante la sillería, lo que parece lógico en unas construcciones cuyo papel fundamental es práctico y se sitúan en el campo.

Ladrillo

Aunque lo más habitual, cuando encontramos ladrillos en los acueductos, sea mezclado con piedra de diversas formas, no faltan ejemplos en los que el acueducto es completamente de ladrillo, como ocurre por ejemplo en el de la hacienda Belén de Pihuamo, Veracruz.

Piedra y ladrillo

Más habitual, como queda indicado, son las mezclas de piedra y ladrillo, principalmente en dos formas diferentes. En el acueducto de Chapultepec en México D.F. (Fig. 3) encontramos mampostería con franjas de ladrillo cada 70/80 cm, en una distribución que recuerda la del acueducto de Los Milagros de Mérida. (Fig. 1) En este mismo acueducto, así como en el de



Figura 8
Acueducto de la Hacienda de San Nicolás de Tolentino, Puebla

Guadalupe también en el D.F., encontramos la misma alternancia de piedra y ladrillo en las dovelas de los arcos, lo que recuerda la distribución usada en los de la mezquita de Córdoba. Estas referencias, sin duda no pasan desapercibidas al observador. Más frecuente sin embargo es utilizar el ladrillo solamente en los arcos, siendo el resto de la obra de mampostería. Con ello se evita tallar las dovelas en piedra, tarea difícil y costosa. Tal puede verse, entre otros muchos ejemplos, en el acueducto de la Hacienda de San Nicolás de Tolentino en Puebla.

Mampostería

El material más habitual, como queda dicho, es sin duda la mampostería. De muy diversos tipos y aspectos, va desde una mampostería con piedras muy pequeñas que bien podríamos considerar un hormigón, como puede verse en el acueducto de San Andrés de Chalchicomula en Puebla, hasta una mampostería concertada, cercana ya a la sillería. Otras veces se usa de forma que podríamos llamar clásica, con sillares en bóvedas y esquinas o de formas más originales como en el acueducto de Nochitlan, Zacatecas, en que se alternan grandes sillares bien tallados, con mampostería de pequeñas piedras. En algún caso los sillares de las bóvedas y esquinas, son de una piedra de distinta naturaleza y color que el resto, como ocurre en el acueducto de Querétaro, consiguiendo un bello efecto cromático (Fig. 4).



Figura 9
Acueducto de la Hacienda de San Andrés de Chalchicomula, Puebla



Figura 10
Acueducto de la Hacienda de Nochitlán, Zacatecas

Sillería

Aunque menos frecuente no faltan casos de acueductos hechos completamente de sillería de una talla cuidada, sean con caras lisas, sean almohadilladas.

TIPOLOGÍAS

Número de plantas

La solución más general es sin duda la de los acueductos con una sola planta de arcos y solo cuando hay que cruzar una vaguada muy profunda, se recurre a colocar varias arquerías superpuestas, que llegan hasta cuatro en el emblemático acueducto de Xalpa o del Sitio (Romero de Terreros 1949), en Tepozotlan, México. Se trata de una obra monumental proyectada por el hermano coadjutor jesuita Pedro Beristain, natural de Azpeitia, Guipúzcoa, Administrador de la Hacienda de Xalpa y perteneciente a la comunidad del cercano colegio de San Francisco Xavier de Tepotzotlán. Para ello contó con el asesoramiento del arquitecto Ildefonso Iniesta que también había intervenido en el acueducto de los Remedios. La obra fue levantada a partir de 1764, por el maestro de obras Gonzalo Antonio González bajo la dirección del Padre Santiago Castaño. Debido a la expulsión de la orden en 1767, la obra quedó inconclusa, pero los trabajos se retomaron casi un siglo después bajo la direc-

ción de Manuel Romero de Terreros, tercer conde de Regla, perteneciente a una familia enriquecida con la explotación de minas, que adquirió la hacienda, terminándose en 1854. Con una longitud total de unas 10 leguas, esto es 41,9 km, atraviesa una cañada, en donde la arquería alcanza los 62 metros de altura, cuenta con cuatro niveles de arcos y una longitud de 430 metros. Otra arquería alcanza los 42 metros de altura y tiene también un túnel de unos 730 m. de longitud. Su capacidad es de un buey de agua, es decir una vara cuadrada o 8.360 cm^2.

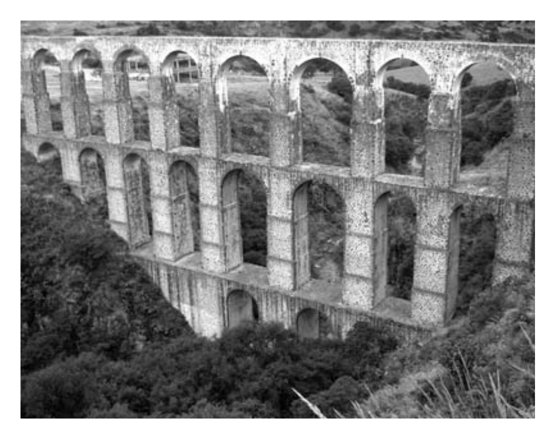


Figura 11
Acueducto de la Hacienda de Xalpa, México

Tipo de arcos

Aunque el arco de medio punto es el utilizado con carácter general no falta algún caso excepcional en que se utiliza otro tipo de arco, carpanel de tres centros o rebajados, sea con carácter excepcional como en el acueducto de Tecayec, sea en todo un tramo como en el acueducto de Yuatepec, ambos en Morelos o en el acueducto de la Hacienda La Mesa en Tamaulipas con arcos apuntados.

Tímpanos huecos

En la Hacienda Calderón en el municipio de Cuautla, Morelos, existe un acueducto con una tipología de gran originalidad que apenas tiene antecedentes hasta la llegada de la ingeniería del hormigón. Se trata de ahuecar los tímpanos sobre los arcos mediante otros arcos del mismo radio que los principales que se apoyan en estos aproximadamente a la mitad de su altura. Sobre unas pilas de mampostería de piedra de color negro y argamasa de color muy claro se elevan los arcos de medio punto de ladrillo de grosor constante desde los arranques a la clave. Aproximadamente a los 60^0 de altura se apoya un arco igualmente de ladrillo del mismo radio que los principales con un ángulo aproximado de otros 60^0. Su grosor es sin embargo la mitad del anterior, salvo en la parte cercana a los apoyos y en la parte superior del mismo que es del grosor de los arcos principales. De esta forma queda hueca la zona sobre las pilas entre este arco secundario y los dos principales, con lo que ello supone de ahorro de material. De alguna manera podríamos encontrar un antecedente de este trazado en los arquillos que los romanos construyen sobre las pilas en buena parte de sus puentes, que deberían tener además de su función estética, el disminuir el empuje de las aguas sobre los tímpanos en caso de crecida y disminuir algo el peso sobre las pilas y el volumen de los materiales necesarios. Cada cuatro pilas, ésta se eleva de mampostería a modo de contrafuerte, igual que el resto de las pilas, pero con hiladas de ladrillo, hasta la parte superior del mismo y con un ancho mayor que el resto. La franja superior del acueducto, la que corresponde a las paredes del canal superior es nuevamente de ladrillo, mientras que la zona sobre los arcos hasta llegar a ésta es de mampostería enlucida con argamasa de color claro. Aunque muy lejos de la elegancia que encontramos

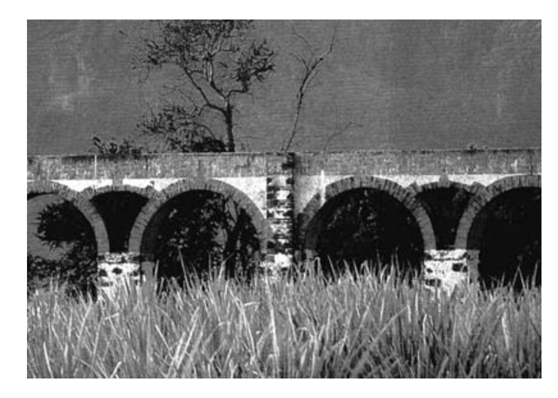


Figura 12
Acueducto de la Hacienda de Calderón, Morelos

en este acueducto, los tímpanos ahuecados mediante arcos los encontramos también en el acueducto de la Hacienda de Belén de Pihuano, Veracruz o en el de Tepayeca, Puebla.

En planta este acueducto está compuesto por líneas rectas formando ángulos lo que coincide con lo indicado en los tratados de construcción y con algunos precedentes de la península. Nos encontramos pues ante una obra de gran originalidad, un alzado muy ingenioso y delicado y una ejecución muy cuidada, tanto más sorprendente por tratarse de una construcción rural. Seguramente ello haya que achacarlo a una sociedad, los hacendados, ya en los siglos XVIII y XIX muy refinada y que reflejaba este gusto en todas las construcciones del casco de la hacienda. Además en este acueducto queda reflejado el gusto de los mejicanos por los colores, cosa muy poco habitual en las obras de ingeniería y que encontramos no solo en este acueducto, sino en bastantes otros entre los que cabe citar el acueducto de Querétaro o el de Atlixco en Puebla, donde se mezclan delicadamente piedras de color rosa y gris. Bien merecería esta obra ser más conocida.

Soluciones originales

Hay algunos acueductos con soluciones de gran originalidad como el ya citado de la Hacienda de San Lucas de Matlala (Fig. 7). Cuenta con un cuerpo central, compuesto por dos fuertes y elevados machones, que sirven de apoyo a otros tantos grandes arcos de medio punto superpuestos. El superior está bajo cinco arcos pequeños. A ambos lados de este cuerpo central se desarrollan dos órdenes superpuestos de arcos menores. El conjunto da la impresión de una construcción tan fuerte como elegante y acusa a las claras la mano maestra del autor. Aunque en no muy buen estado aún se conserva en buena parte. Contamos con un grabado (García Cubas 1857), que nos da una idea de su grandiosidad y elegancia, que le hace comparable a los mejores ejemplares de los acueductos romanos como el Pont du Gard, otomanos como el de Moglova o de cualquier época, tanto más sorprendente cuanto que se trata del acueducto de una hacienda. Aunque no existe seguridad (Romero de Terreros 1947; 70) es de mediados del XIX y obra del arquitecto de origen español Lorenzo de la Hidalga, que además de sus numerosas obras arquitectónicas, también llevo a cabo numerosos trabajos de agrimensura e hidráulicos.



Figura 13
Acueducto de los Remedios, México

Mención especial merece también el acueducto de los Remedios aunque estrictamente no sea de una hacienda. Alfonso Tello de Guzmán en octubre de 1616 obtuvo una merced de agua otorgada por el virrey, para abastecer a la ermita de Los Remedios y los sobrantes beneficiarían a los indios para que regaran sus tierras. La construcción se inició en 1620; pero se planeó para conducir agua por tubos o caños subterráneos, manufacturados con barro y después cocidos y para salvar la depresión, se proyectó hacer un sifón. Al inicio y final del mismo, se edificó una torre troncocónica de cantera labrada, de ocho metros de diámetro en la base y 23 metros de altura, con nueve cuerpos escalonados. En su interior se encuentra un conducto vertical para regular la presión y eliminar el aire de la tubería. Popularmente se conocen como los «caracoles». La solución se saldó con un completo fracaso. Más de cien años después, el ingeniero del rey, Ricardo Aylmer, y el maestro mayor de arquitectura, Ildefonso Iniesta, desecharon el sifón, y los sustituyeron por un conducto sobre una arquería, que se llevó a cabo en 1765. La arquería y el conducto son de cantera labrada en bloques rectangulares; cuenta con cincuenta arcos de medio punto de 6,70 m de luz y el más alto de 16 metros. Las bases de las pilastras son de 2.05 por 1.70 metros.

Lista de referencias

García Cubas. 1857. *Atlas Geográfico, Estadístico e Histórico de la República Mexicana.* México.

Loría Arcila, José H. 2004. *Introducción a la construcción. Historia de la Construcción en México.* México.

Mendieta, Fray Jerónimo de. 1870. *Historia eclesiástica indiana*. México.

Mendiola Quezada, Vicente. 1985. *Arquitectura del Estado de México en los siglos XVI-XIX.* Toluca.

Navarrete, Sylvia. 1996**.** *Acueductos de México***.** México.

Rendón Gracini, Ricardo. 1994. *Haciendas mexicanas*. México.

Rivera Cambas, Manuel. 1880. *México pintoresco, Artístico y Monumental.* México.

Romero de Terreros, Manuel. 1949. *Los acueductos de México, en la historia y el arte.* México.

Plo y Camin, Antonio. 1767. *El Arquitecto Práctico, civil, militar y agrimensor, dividido en tres libros.* Madrid.

Terán Bonilla, José Antonio. 2001. *La enseñanza de la arquitectura en la Nueva España durante el periodo Barroco. Actas del III Congreso Internacional del Barroco americano.* Sevilla.

Terán Bonilla, José Antonio. 1998. Los gremios de albañiles en España y Nueva España. *Imafronte.* 12-13: 341-356. Murcia.

Torquemada, Fray Juan de. [1615] 1983. *Monarquía indiana.* México.

Toussaint, Manuel. 1945. «Fray Andrés de San Miguel. Arquitecto de la Nueva España». *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas. UNAM*. 13: 5-14.

Von Wobeser, Gisela. 1989. *La formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua.* México.

Ildefonso Sánchez del Río Pisón
De la Bóveda a la Lámina (1924-1972)

Pepa Cassinello

En el año 1922 el joven ingeniero Ildefonso Sánchez del Río Pisón (1898-1980) se incorporó a la escena profesional. En 1924 fue nombrado ingeniero municipal del Ayuntamiento de Oviedo, cargo que ostentaría hasta el año 1940 (Sáenz Ridruejo 2011). En estos años realizó algunas de sus más ingeniosas cubiertas de hormigón armado, entre las que destacan sus famosos paraguas, el IV Depósito de aguas de Oviedo, y el Mercado de Pola de Siero.

Tal y como el propio Ildefonso Sánchez del Río Pisón manifestó en 1960 (Sánchez del Río 1960), tras 33 años de ejercicio de su profesión, uno de sus máximos deseos fue proyectar y construir grandes cubiertas de hormigón armado, involucrándose así en la aventura formal y tecnológica iniciada pocos años antes de su incorporación al mundo profesional. Sin embargo, aunque también manifestó, que en un principio no se había dedicado a construir cubiertas laminares, por considerar complejo su cálculo, posteriormente, durante sus últimos años, proyectó y construyó algunas innovadoras cubiertas laminares de hormigón armado, como el paraguas invertido de Pola de Siero, de 40 metros de diámetro y 3,5 cm de espesor, y la que sin duda fue su gran obra, el Palacio de Deportes de Oviedo, cuya luz de vano alcanzó 100m (1961-1975).

A este respecto es importante tener presente que en la década de los años 20, cuando Ildefonso Sánchez del Río Pisón proyectó sus primeras cubiertas de hormigón armado, fue precisamente cuando nacieron las *Thin Concrete Shells*, que en un principio fueron proyectadas y construidas por un reducido número de ingenieros relacionados, y en su mayoría formados, por la empresa alemana Dyckerhoff and Widman, que fue la indudable protagonista del inicio de la «Aventura Laminar de la Arquitectura Moderna». Entre muchos de ellos se encontraban; Franz Dischinger su ingeniero jefe y autor de la reconocida como primera estructura laminar (Jena 1925), (Kurrer 2008) Wilhelm Flügge (1904-1990), que en 1934 publicó el primer texto sobre la teoría de las estructuras laminares *Statik und Dynamik der Schalen*, que fue traducido al ingles en 1960 bajo el título *Stresses in Shell*, y que durante más de veinte años fue referencia obligada para el diseño estructural de las Thin Concrete Shells. Desde el inicio de la década de los años 30, Eduardo Torroja se incorporó al desarrollo, no solo del método científico de ensayos sobre modelos reducidos, sino también al del hormigón armado y pretensado, así como al proyecto y construcción de innovadoras e icónicas estructuras laminares, convirtiéndose en uno de sus más relevantes protagonistas (Cassinello 2008). Pero la complejidad de los sistemas primitivos de cálculo y la falta de experiencia proyectual y constructiva de aquellos momentos, ponen de manifiesto la enorme dificultad que existía para acceder al incipiente conocimiento técnico de las recién nacidas estructuras laminares, no solo para Sánchez del Río, sino para la mayor parte de los ingenieros y arquitectos ávidos de este conocimiento. Por esta razón, en 1924, Sánchez del Río Pisón buscó su propio e innovador método para pro-

yectar, dimensionar y construir grandes cubiertas de hormigón armado, basándose en experiencias anteriores a la aparición de las *Thin Concrete Shells* (Cassinello 2010).

El Método y la Forma

Uno de los primeros encargos que Ildefonso Sánchez del Río Pisón recibió del Ayuntamiento Oviedo, durante la década de los años veinte, fue diseñar un prototipo de lavadero público, que sería construido en diferentes localidades, y que tenía que estar cubierto para proteger a las lavanderas de las frecuentes lluvias de la zona. Como propuesta innovadora y necesariamente económica, Ildefonso Sánchez del Río proyectó un lavadero de planta circular cubierto por un paraguas de hormigón armado situado en su centro.

En el proyecto de esta pequeña cubierta, Ildefonso Sánchez del Río Pisón encontró su específico método de diseño, el mismo que aplicó en la mayor parte de las cubiertas que proyecto y construyó durante más de 30 años. El método consistía en seleccionar una «forma geométrica» adecuada que fuera susceptible de ser generada por una superficie formada por dos elementos; un entramado espacial de nervaduras (lineales o curvas), que eran ejecutadas en hormigón armado, y unos elementos autoportantes apoyados en ellas, que contaran con gran rigidez y poco peso, para poder optimizar su funcionamiento estructural, proceso de ejecución y coste. En todas sus cubiertas el entramado de nervaduras fue ejecutado, en efecto, con hormigón armado in situ, mientras que en la ejecución de los plementos utilizó soluciones muy diferentes, desde piezas prefabricadas de Uralita, losas de hormigón armado in situ, y patentes propias de piezas cerámicas, que fueron fabricadas en su empresa Río Cerámica (González 2011).

En base a este método, Ildefonso Sánchez del Río Pisón, proyecto su primera cubierta de hormigón armado a modo de paraguas. Partiendo de la geometría de un cono muy rebajado, ubicó su apoyo en un pilar central dotando de capitel de transición del que parten, de manera radial, un conjunto de nervaduras de canto, arriostradas entre sí por un anillo que acortando su vuelo efectivo, optimiza el funcionamiento estructural del conjunto. Sobre estas nervaduras radiales, ejecutadas in situ con hormigón armado, apoya grandes piezas curvas de Uralita de 1 cm de espesor, colocadas a modo de tejas solapadas y sujetas con tornillos. Se trata de un esqueleto estructural de elementos lineales de hormigón armado, cuyas secciones resistentes se optimizan, no solo por la específica disposición de nervaduras y zunchos, sino por el hecho de estar cubierto por delgadas piezas de escaso peso propio, que semejan la tela de un paraguas. Su forma ondulada y fuertemente nervada aporta rigidez al conjunto garantizando su estabilidad.

El pilar se dimensiona con sección hexagonal para darle continuidad con el capitel de transición del que parten las nervaduras, ya que de haber sido cilíndrico también lo hubiera tenido que serlo el pilar, hecho que en aquellos momentos hubiera elevado, en mayor o menor medida, el coste de su encofrado. Las piezas prefabricadas de Uralita, sin duda fueron fabricadas específicamente para el prototipo de paraguas diseñado por Sánchez del Río, ya que estas se adaptan a su específica geometría, que demanda, en este caso, tres tipos de piezas diferentes, que van disminuyendo de tamaño a medida que su posición se acera al centro del paraguas. Pese a tratarse de piezas de fabricación especial, la ejecución in situ de estos plementos laminares curvos con hormigón armado, hubiera supuesto un artesanal y laborioso encofrado, que sin duda hubiera restado racionalidad al proceso de construcción del prototipo, y elevado su coste. Este prototipo de lavadero cubierto dotado de marquesina a modo de paraguas de hormigón armado, se construyó en varias localidades asturianas, durante los años veinte y treinta, entre ellas en Olloniego y Oviedo (Paraguas de la Corredoria) (Fig. 1).

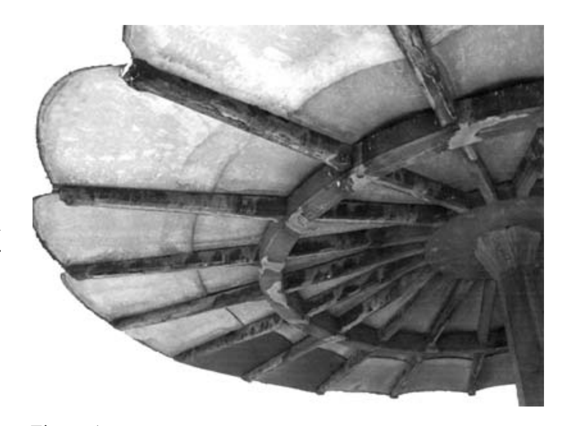


Figura 1
Paraguas de La Corredoria. Oviedo (Cassinello 2011)

El diámetro de los primeros paraguas de hormigón armado fue de 8 metros, pero posteriormente construyó otros de mayor tamaño, manteniendo el mismo esqueleto estructural, en el que tan solo añadía un nuevo zuncho circular concéntrico, como es el caso del famoso paraguas de la Leche de Oviedo,. de diámetro 15,00 metros, que cuenta con dos zunchos concéntricos (Sánchez del Río 1931). Este paraguas fue proyectado para cobijar a las vendedoras de leche. Actualmente la plaza donde se ubica este paraguas es conocida como «La Plaza del Paraguas » (Revuelta 2011).

Sánchez del Río construyó también paraguas de diferentes geometrías, asimétricos e invertidos, generando una amplia gama de diferentes maneras de cubrir espacios arquitectónicos con este tipo de elementos. Entre ellos destaca el paraguas asimétrico que proyecto como cubierta del Quiosco de Música de Ciaño (Langreo). En este caso, por tratarse de un pequeño elemento singular, Sánchez del Río proyecta un paraguas muy diferente a sus anteriores prototipos. Se trata de un ingenioso paraguas excéntrico, de planta semejante a una concha de peregrino, colgado de un pilar circular de sección variable, con un pequeño capitel circular, del que parten 10 nervaduras en disposición simétrica respecto de la línea de máximo vuelo, existiendo 5 longitudes diferentes de nervaduras. La manera en la que equilibra el vuelo de 7,00 m es aligerando el peso propio de la superficie en su zona de mayor vuelo, razón por la cual ejecuta entre sus nervaduras un forjado unidireccional de bovedillas cerámicas, y sin embargo, en la zona de menor vuelo (2,50m), la ejecuta mediante losa maciza de hormigón armado, a la que añade una masa pesada en su borde trasero, con el fin de que sirva de contrapeso (Fig. 2). El pilar circular emerge del extradós para colgar de él la cubierta, operación que se realiza mediante la colocación de un aro de acero fundido alrededor del pilar, al cual se sueldan los tirantes. Esta peculiar y pequeña cubierta, proyectada con indudable ingenio, concilia el lenguaje resistente con su concepción espacial formal, percibiéndose en el paisaje como un rastro de la incipiente Modernidad española.

Pero fue en sus proyectos de depósitos de agua en los que Sánchez del Río inició su particular camino hacia la conquista de la construcción de cubiertas de hormigón armado de grandes luces.

El IV Depósito de aguas de Oviedo (1926-1928), de 10.00 m^3 de capacidad, fue en efecto donde Sánchez del Río, aplicando el mismo método proyectual que en sus primeras cubiertas «paraguas», definió un tipo innovador de esqueleto estructural de cubierta espacial de hormigón armado, económicamente competitivo frente a las alternativas existentes en aquellos momentos, debido a que lo desarrollo intrínsecamente unido a la racionalización de su proceso de construcción. El método de diseño consistía, tal y como ya he referido anteriormente, en la adecuada



Figura 2
Paraguas del Quiosco de Música de Ciaño (Cassinello 2011)

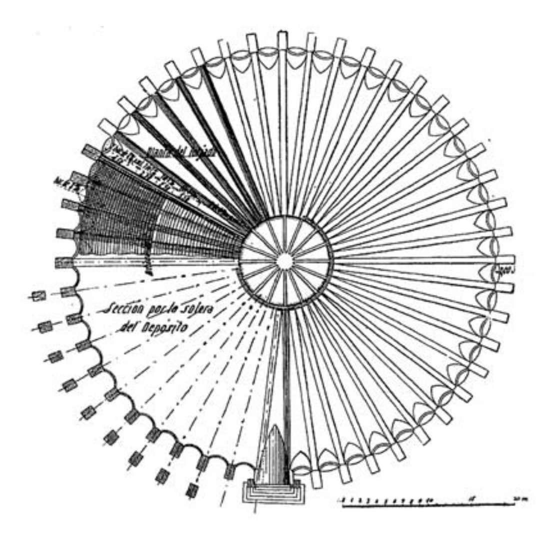


Figura 3
Planta del IV Depósito de Oviedo (Cassinello 2011)

elección de la forma geométrica de la cubierta espacial, que debía permitir su generación mediante un esqueleto de potentes nervaduras autoportantes. (Ribera 1936)

La cubierta del IV Depósito de Aguas de Oviedo se levanta sobre una planta circular de 50 metros de diámetro. Su forma geométrica es tórica, y en su centro se levanta un cilindro de 10 metros de diámetro, a modo de linterna, cubierto por una pequeña cúpula esférica nervada, que alberga la cámara de llaves (Fig 3). En la parte superior del cilindro central se ejecuta el anillo resistente, que trabajando a compresión simple, alberga el arranque de los 48 nervios radiales de la cubierta tórica, que cuentan así con una luz libre de vano de 20 metros, y que apoyan en su otro extremo en los contrafuertes pétreos dispuesto en todo el borde del depósito. Cada nervadura tiene un ancho de 60 cm, de tal manera que el total del ancho de los 48 nervios, coincide prácticamente con la longitud del perímetro exterior del anillo resistente. De esta manera, la superficie tórica, en casi su 50%, esta formada por el ancho de los 48 nervios, y los espacios triangulares, que quedan entre ellos, se cubren con pequeños plementos, ejecutados como finas losas de hormigón armado, cuyo lado mayor alcanza tan solo 2,60 metros. Esta específica geometría y configuración constructiva generan una cubierta fuertemente nervada, de sencillo proceso de construcción y cálculo estructural. En efecto, tal y como explicó Sanchez del Río, dotó a los nervios de la forma geométrica del antifunicular de su carga, una parábola cúbica que resolvió utilizando métodos gráficos. (Sánchez del Río 1928)

Cada una de las 48 nervaduras en arco cuentan con un espesor de 15 cm en su clave y 20 cm en sus arranques, incrementándose considerablemente el espesor en el arranque del contrafuerte pétreo, donde adquiere una sección prismática, que se ejecuta con su cara extrema inclinada, de manera que resulte perpendicular a la dirección de la resultante. Los arcos se articularon en su clave, y las losas de hormigón armado que cubren los espacios existentes entre las nervaduras, se realizaron colgadas de estas, apareciendo así el canto de las nervaduras en el extradós de la superficie de la cubierta y no en el intradós, cuya continuidad espacial permitía la racionalización de la ejecución de la cubierta, mediante la utilización de un encofrado continuo. El borde del depósito queda definido por la secuencia continua de los contrafuertes pétreos, que sobresalen del perímetro del vaso del depósito propiamente dicho, que es coronado por unas viseras de hormigón armado a modo de lunetos cilíndricos, que cubren las pequeñas ventanas de iluminación natural y ventilación. Un elemento de borde, que cada vez cobraría mayor importancia en la composición formal y estructural de sus cubiertas (Fig. 4)

El esqueleto estructural del conjunto de la cubierta se percibe desde el exterior de manera rotunda y clara, no solo por la secuencia circular de sus potentes contrafuertes pétreos, sino también a través de la manifiesta presencia de las nervaduras de canto invertido. Una ingeniosa cubierta de 20 metros de luz de vano libre, dimensionada fundamentalmente, frente al equilibrio de las fuerzas actuantes, y ejecutada, a la manera medieval, mediante la construcción secuencial de dos sectores opuestos para garantizar la estabilidad del conjunto durante su construcción, sin necesidad de apuntalamientos. Para ello, Sánchez del Río diseñó una cimbra giratoria alrededor de la cámara de llaves, sistema que utilizó para la construcción de diferentes depósitos, como el de Pola de Siero (Fig 5). En la construcción de estos depósitos se utilizaron dos cimbras móviles, colocadas en todo momento de forma diametralmente opuestas. El conjunto de ambas cimbras cubría una superficie de de



Figura 4
Planta del IV Depósito de Oviedo (Cassinello 2011)

un doceavo del total de la cubierta, razón por la cual se concluyó su construcción en doce secuencias. (Sánchez del Río 1942)

De la Bóveda a la Lámina

Desde el inicio de la década de los años cuarenta, tras la finalización de la Guerra Civil española en 1939, el diseño del esqueleto estructural de las cubiertas de Ildefonso Sánchez del Río empezó a cambiar. La potente imagen del conjunto de nervaduras de canto invertido, que caracterizaban el extradós de sus depósitos de agua, fue sustituida por superficies de extradós continuo, en las que las nervaduras quedaban generalmente embutidas en el canto, o manifiestas en los pliegues u ondulaciones del intradós.

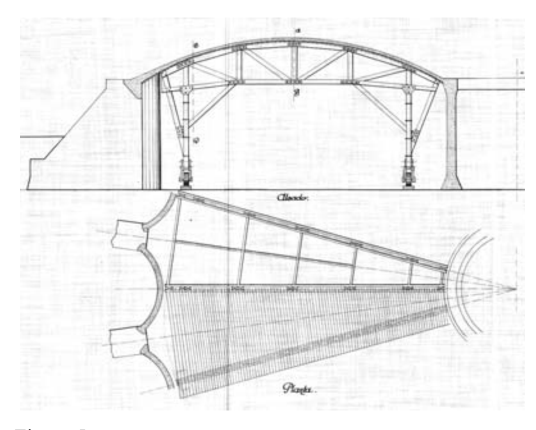


Figura 5
Cimbra giratoria. Depósito de Pola de Siero 1928 (Cassinello 2011)

Se trataba de superficies mixtas ejecutadas con piezas cerámicas aligeradas y hormigón armado. En un principio, utilizó piezas aligeradas realizadas con hormigón, a modo de bovedillas, que se integraban en los diferentes tipos de forjados de piso y plementos de cubiertas abovedadas, quedando embutidas las nervaduras de hormigón armado en el canto total del forjado o de la cubierta. Con este nuevo sistema nervado, pero de canto uniforme, construyó forjados de vanos libres de hasta 20 metros de luz, así como cubiertas de cañón de directriz parabólica de 25 metros de luz, con un canto de 20 cm. Este cambió presentaba las ventajas constructivas de minimizar la necesidad de encofrados, así como de aportar aislamiento térmico y acústico, debido a la cámara de aire contenida en las piezas prefabricadas. Poco tiempo después, debido a su mayor ligereza, características físicas específicas, y tradición española, Sánchez del Río sustituyó estas piezas prefabricadas de hormigón armado por piezas cerámicas, que representaban un más fácil manejo en obra, así como una perfecta ad-

herencia con el hormigón armado vertido in situ, garantizando la adecuada transmisión de esfuerzos.

A partir de este momento, el diseño de nuevas patentes de piezas cerámicas ligeras se convirtió en uno de los principales objetivos de Sánchez del Río, porque de la forma geométrica y características de esa pequeña pieza dependían, en gran medida, las posibilidades de evolucionar sus tipos de forjados, y fundamentalmente, sus cubiertas abovedadas. No conforme con ocuparse del diseño de estas piezas cerámicas, en el año 1942 Sánchez del Río montó su propia fábrica, "Río Cerámica", para poder producir sus patentes. Convertido en diseñador y fabricante, fue libre para marcar su propio camino de evolución y desarrolló, que en referencia a las cubiertas abovedadas tenía un claro objetivo, el de convertirse en estructuras laminares de grandes luces, aligeradas con piezas cerámicas. (Sánchez del Río 1959).

Tras una incansable búsqueda del método y la forma de construir cubiertas ligeras de grandes luces, Ildefonso Sánchez del Río, al igual que hiciera muchos años antes Freyssinet en sus Hangares de Orly (1923), y tal y como estaban haciendo gran parte de los más destacados maestros de las estructuras laminares, como Pier Luigi Nervi o Eduardo Torroja, introdujo la «ondulación» en la superficie de sus cubiertas, geometría que le dio la clave para dotarlas de mayor rigidez de forma frente a pandeo, permitiéndole incrementar su luz de vano. Unido a este importante cambio de «forma geométrica», Sánchez del Río desarrolló nuevas piezas aligeradas cerámicas (dovela-onda) (Fig.6), y diseñó un nuevo sistema de construcción para sus cubiertas onduladas (Sánchez del Río 1960). Las proyectó, fundamentalmente, como cañones cilíndricos de directrices generalmente parabólicas. Estos cañones cilíndricos estaban formados por la secuencia continua de «arcos onda», que generaban la superficie ondulada total de la cubierta. Cada «arco onda», al igual que un arco de dovelas de piedra, estaba formado por, las que él denominó, «dovelas onda», que eran fabricadas en el suelo, a pie de obra, con pequeñas piezas cerámicas, y posteriormente izadas mediante grúa a su posición definitiva sobre las cimbras de la cubierta. Sistema constructivo muy similar al utilizado años antes por Pier Luigi Nervi en la mayor parte de sus cubiertas laminares, como en la Sala de Exposiciones del Hall de Turín. Nervi (1948-1949), con la diferencia fundamental, no solo de su específica geometría, sino de que las piezas diseñadas por Nervi estaban ejecutadas con hormigón armado, y no con piezas cerámicas aligeradas.

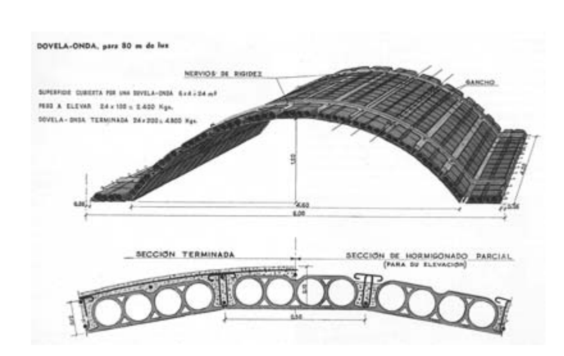


Figura 6
Dovela-Onda para Arcos-Onda de 80 metros de luz (Cassinello 2011)

Unas de las primeras cubiertas onduladas construidas por Sánchez del Río fueron la del el Garaje Renault en Oviedo de 22 metros de luz de vano libre, y las de F.E..F.A.S.A en Miranda de Ebro, que alcanzaron 30 metros de luz de vano y longitudes de 72 y 120 metros. Durante la prolífera construcción de este tipo de cubiertas onduladas, Sánchez del Río realizó, fue incrementando paulatinamente la luz de vano de sus arcos-onda, y al final de este primer periodo alcanzaron los 35 metros, en la nave construida para Río Cerámica en Madrid (Fig. 38), así como en el Almacén de Azúcar en Palencia.

La culminación de las cubiertas onduladas de Sánchez del Río fue sin duda la del Palacio de Deportes de Oviedo (1961-1975) (Fig. 7). Se trata de una cubierta cilíndrica de cañón corrido, que esta formada por tres láminas de directriz parabólica, onduladas y biarticuladas. La lámina central esta formada por 8 arcos-onda de 7 metros de ancho y 100 metros de luz, que cubre la gran sala de deportes y las tribunas, y las dos láminas laterales, y simétricas, que están formadas por 2 arcos-onda de 7 metros de ancho y 90 metros de luz, articuladas en sus arranques y continuas en su clave (Calavera 2011). La cubierta cubre una planta sensiblemente cuadrada de 100 × 100 metros de lado, sin apoyos intermedios, dotada de luz natural a través de los lucernarios verticales generados entre la lámina central y las dos laterales, debido a sus diferentes alturas.



Figura 7
Palacio de los Deportes de Oviedo. (Cassinello 2011)

Los arcos-onda arrancan sobre la cabeza de los contrafuertes de hormigón armado, a una cota de unos 3 metros sobre el nivel del suelo, y su trazado parabólico es sensiblemente coincidente con el antifunicular de las cargas. Los contrafuertes de hormigón armado adoptan la inclinación de la resultante, y sobre ellos, en su encuentro con el suelo, al igual que hizo en el Mercado de Pola de Siero (1929), Sánchez del Río incrementa el peso contribuyendo, de alguna manera, a centrar la resultante, mediante la inclusión de un pilar en el que apoya la marquesina de borde (Fig. 7). Esta marquesina no produce empujes por desarrollarse sobre un plano horizontal, y no forma parte del arco-onda, aunque cuenta con su mismo ancho de 7 metros, dándole continuidad visual a la modulada percepción del conjunto de la cubierta. Una original versión de la función estructural de los pináculos pétreos de las Catedrales Góticas. Por otra parte, este pilar que soporta el peso de la marquesina, cumple también la función de albergar la bajante de las aguas pluviales de la cubierta. Una interesante solución, realizada por Sánchez del Río, mediante un pilar circular de hormigón armado que es hueco, y en cuyo interior coloca un tubo de fibrocemento que conecta directamente con las arquetas de la red de saneamiento del edificio (Sánchez del Río 1977).

La cimentación esta formada por zapatas de hormigón armado, que fueron proyectadas de tal manera que la resultante de 250 t, de cada arco-onda, pasara por su centro de gravedad, y debido a la mala calidad del terreno de cimentación, que son arcillas blandas, fue necesaria la realización de un pilotaje, que se ejecutó hasta una profundidad de 20 metros, y con una inclinación de 25º, para compensar la componente horizontal de la resultante (empuje). Estas específicas características del terreno, muy susceptible a sufrir asientos, fueron también las que hicieron a Sánchez del Río adoptar la solución de articular los arcos-onda en sus arranques y darle continuidad en su clave, dado que las articulaciones transmiten la carga resultante con menores perturbaciones. (Cassinello 2011)

La construcción del Palacio de los Deportes de Oviedo, al igual que la del resto de las cubiertas onduladas de Sánchez del Río, se inició con la ejecución de la cimentación, seguida de los contrafuertes y piezas «apoyo-onda» ejecutadas también en hormigón armado. Los esbeltos contrafuertes inclinados cobraron un especial protagonismo a través de las articulaciones ubicadas en los arranques de los arcos-ondas, dado que Sánchez del Río decidió dejarlos a la vista cubriéndolos con piezas de vidrio transparente (Manterola 2011). Una imagen que formó parte de las seleccionadas por Ildefonso Sánchez del Río y el arquitecto autor del proyecto, Florencio Muñiz Uribe, para difundir el nuevo espacio diseñado para Oviedo. Seguidamente se colocaban las cimbras de apoyo de los arcos-onda, y se iban izando y colocando sobre ellas las diferentes dovelas-onda de cada arco-onda, de manera similar a la que, muchos años antes, hiciera Pier Luigi Nervi (Nervi 1957) con sus piezas modulares de hormigón armado, prefabricadas también a pie de obra, sistema que utilizó en la cons-



Figura 8
Apoyo onda. Palacio de los Deportes de Oviedo (Cassinello 2011)

trucción de la mayor parte de sus grandes cubiertas laminares onduladas, como la del Hall principal de Exposiciones de Turín (1948-1949). Es curioso observar como se optimiza el proceso de construcción, no solo a través del uso de las dovela-onda, que evitan el uso de laboriosos y costosos encofrados de madera, sino que además se optimiza la necesidad de contar con numerosos los medios auxiliares. Los contrafuertes de la cubierta, ahora convertidos en esbeltas tornapuntas de hormigón armado, sirven de base para colocar las escaleras de acceso para proceder al hormigonado y descimbrado de los arcos-onda.

Paraguas laminares

Los paraguas de hormigón armado de Ildefonso Sánchez del Río, nacieron en la década de los años veinte como estructuras de entramados de vigas, y en la década de los años setenta se convirtieron en esbeltas «estructuras laminares», superando no solo sus primitivos tamaños (de 8 a 16 metros), sino también el tamaño de todos los paraguas de hormigón armado anteriormente construidos, incluidos los realizados por Giorgio Baroni en Italia en la década de los años treinta, o los innumerables paraguas construidos por Félix Candela en México en las décadas de los años 50 y 60 con su empresa «Cubiertas Ala» (Cassinello 2010). Aunque es importante tener presente, que bajo la misma denominación de «paraguas», se trata de estructuras laminares muy diferentes en cuanto a su forma resistente se refiere. En efecto, los paraguas de Giorgi Baroni respondían a geometrías piramidales de base cuadrada, que a modo de artesas estaban formadas por nervaduras en sus bordes y medios, la misma geometría referida por Aimond, pero invertida, y los famosos paraguas de Félix Candela estaban formados por la macla espacial de cuatro fragmentos de paraboloides hiperbólicos. Ninguno de ellos sobrepaso el tamaño de 30 metros de diámetro, mientras que Sánchez del Río construyó uno de 40 metros en el Mercado de Pola de Siero, con tan solo 3,5 cm de espesor, superando también la esbeltez máxima alcanzada. Aunque con independencia del tamañazo de sus paraguas laminares, es un hecho que Félix Candela fue el protagonista, a nivel internacional, del desarrollo de este tipo de cubiertas y de otros muchos tipos laminares, que generalmente generó mediante la utilización de paraboloides hiperbólicos, por las ventajas estructurales y constructivas que esta geometría reglada y de doble curvatura aporta la forma resistente de la lámina.

En el Mercado de Pola de Siero, Sánchez del Río proyectó, en el año 1971, un conjunto de varios paraguas de hormigón armado, de tamaños y geometrías diferentes, que construyó en 1972.La construcción de este proyecto se convirtió, de alguna manera, en el centro experimental de las primeras estructuras laminares construidas por Ildefonso Sánchez del Río utilizando tan solo hormigón armado.

El paraguas de mayor tamaño cuenta con un diámetro de 40 metros. Se trata de un paraguas invertido apoyado en un pilar central de diámetro 0,55 metros. Según los planos originales del proyecto inicial, consultados en el archivo familiar de Sánchez del Río, cada uno de los 8 nervaduras de hormigón armado parten del capitel central del pilar, que cuenta además con una cabeza de 4 metros de diámetro. Estas nervaduras son sección cuadrada variable. En su extremo en voladizo cuentan con una sección de 25 × 25 cm, y adquieren una sección de 55 × 55 cm al penetrar en la cabeza de 4 metros de diámetro del capitel del pilar, que esta embutida en la superficie laminar. En la sección media de estas nervaduras se cuelga una lámina de hormigón armado de tan solo 3,5 cm de espesor, que une cada dos nervaduras consecutivas, generándose así la superficie total de la cubierta laminar.

Otra de las diferencias fundamentales que existen entre los paraguas de Sánchez del Río y los de Félix Candela, es que cuentan con nervaduras de canto, mientras que Félix Candela las nervaduras están embutidas en el espesor de la lámina generando superficies espaciales continuas. Pero es importante resal-

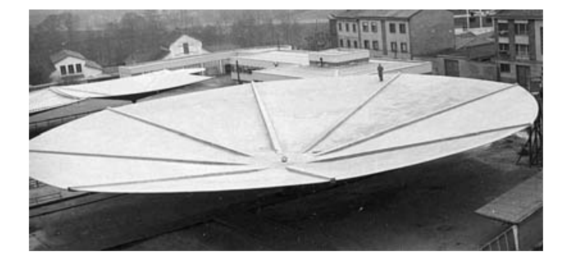


Figura 9
Extradós. Paraguas Octogonal de 40 m de diámetro (Cassinello 2011)

tar que no se trata únicamente de una diferente imagen, porque esta responde a toda una filosofía de diseño estructural diferente entre ambos autores. Tal y como ya hemos analizado, Sánchez del Río, al igual que en todas sus cubiertas, parte del diseño de las nervaduras, haciéndolas protagonistas indudables de la generación de la «forma». Como hemos visto, es de las nervaduras de las que cuelga los diferentes elementos laminares de hormigón armado que cierran la superficie. Las nervaduras fragmentan la superficie de las cubiertas laminares de Sánchez del Río, mientras que Félix Candela basó precisamente su método de diseño estructural en la eliminación de nervaduras y zunchos de canto, proyectando superficies continuas de doble curvatura. Lo que si es coincidente en ambos autores es el hecho de que cada paraguas es un módulo independiente, estable por si mismo, sin la necesidad de ser arriostrado por los adyacentes.

La geometría de los paños laminares colgados responde a sectores circulares cuya curvatura permitió que el encofrado se ejecutara a tabla corrida según arcos muy rebajados, fáciles de colocar debido a la flexibilidad de la madera utilizada, aunque sin duda de menor facilidad de ejecución y replanteo que los encofrados de tablas de madera de los paraguas de hormigón armado construidos en la década de los años 50 por Félix Candela en México, ya que se trataba de la macla espacial de paraboloides hiperbólicos, que por ser superficies regladas permiten encofrados de tablas rectas siguiendo sus generatrices.

Las dos últimas obras de Sánchez del Río —El Palacio de los Deportes de Oviedo y Los Paraguas del Mercado de Pola de Siero— culminaron su máximo anhelo, «la construcción de cubiertas de hormigón armado de grandes luces». Con ellas consagró su prestigio internacional y reconocimiento, porque no solo su tamaño fue innovador, sino también, su aportación formal y tecnológica. La International Association for Shell Structures IASS no solo difundió su obra, al igual que hizo el Instituto de la Construcción y la Edificación desde el año 1935, sino que además, dada la indudable relevancia internacional de sus dos últimas estructuras laminares, la IASS seleccionó una imagen de cada una de ellas para ocupar las portadas de dos de su bulletines, que como práctica habitual, recogían fotografías de las innovaciones más destacables. La obra del Palacio de los Deportes de Oviedo fue seleccionada para que ocupara la portada del número 37 de su bulletin (marzo 1969), y posteriormente seleccionó otra imagen del mayor de los paraguas del Mercado de Pola de Siero para su portada del bulletin nº 49.

Lista de referencias

Calavera, J. 2011. «El ingenio de Sánchez del Río Pisón». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Cassinello, P. (dir.). 2008. *El espíritu impreso de una idea / the spirit of an idea in print*. Catálogo de la Exposición conmemorativa de los 60 años de la revista Informes de la Construcción del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC , y Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja AMIET.

Cassinello, P. 2010. «Félix Candela en el contexto internacional de la Aventura Laminar de la Arquitectura Moderna/ Thin concrete Shell». En Cassinello, P. (ed.). *Félix Candela. Centenario /Centenary 2010,* 61-109. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid y Fundación Juanelo Turriano.

Cassinello, P. 2011. «Las cubiertas de Sánchez del Río». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

González, E. 2011. «Las patentes de Ildefonso Sánchez del Río». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Joedicke, J. 1962. *Les Structures en Volles et Coques*, 14. París: Vicent Fréal et cie éditeurs.

Manterola, J. 2011. «Ildefonso Sánchez del Río Pisón, Ingeniero». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Nervi, P. L. 1957. *P. L. Nervi*. Teufen: Verlag Arthur Niggli.

Kurrer, K. 2008. *The History of the Theory of Structures*, 547-554. Ernst and Sohn Verlag für Architecktur und Technische.

Revuelta, B. 2011. «Breve crónica de un ingeniero bohemio». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Ribera, E. 1936. «Progresos Constructivos de la Ingeniería Española». *Revista Obras Públicas del Colegio de Ingenieros*.

Sáenz Ridruejo, F. 2011. «Sanchez del Río y los ingenieros de la Generación del 27». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Sánchez del Río, I. 1928. «IV Depósito de Aguas de Oviedo». *Revista Obras Públicas del Colegio de Ingenieros* 506.

Sánchez del Río, I. 1931. «Paraguas de hormigón armado en Oviedo, o el ojo clínico del ingeniero». *Revista Obras Públicas del Colegio de Ingenieros*.

Sánchez del Río, I. 1942. *El hormigón armado en las construcciones públicas urbanas. Las superficies nervadas de hormigón armado*, 103-124. Madrid: Instituto de Ingenieros Civiles. Madrid. Asociación de Ingenieros de Caminos

Sánchez del Río, I. 1959. *Coloquio Internacional sobre métodos constructivos de bóvedas delgadas celebrada en el Instituto de la Construcción y del Cemento en mes de septiembre bajo la presidencia de Eduardo Torroja*. Madrid

Sánchez del Río, I. 1960. «Estructuras Laminares Cerámicas». *Informes de la Construcción* 119. Madrid: Instituto de la Construcción y del Cemento. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Sánchez del Río, I. 1977. «Palacio de los Deportes de Oviedo». *Informes de la Construcción* 287. Madrid: Instituto de la Construcción y del Cemento. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Torroja, J. A. 2011. «Ildefonso Sánchez del Río, Ingeniero pionero». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Historia de la construcción del Antiguo Hospital de Sant Feliu de Guíxols (Girona). El proyecto de reforma de Joan Bordas (1913)

M. Á. Chamorro Trenado
B. García Fernández
J. Salvat Comas

La primera noticia que poseemos sobre el Antiguo Hospital de Sant Feliu de Guíxols es el testamento de Blanca de Mordenyac del año 1305 en el que lega un jergón, una manta y dos sueldos.1 A lo largo del siglo XIV aparece citado en varios documentos: en una petición de limosna al obispado de Girona en el año 1373 y en el pago realizado al encargado del hospital el año 1399. 2 Estos documentos hacen referencia al primer hospital que tuvo la villa situado dentro del recinto amurallado.

A finales del siglo XVI, en medio de disputas constantes entre el monasterio (benedictino) y los jurados de la ciudad, estos últimos ofrecen a los agustinos en el año 1594 un edificio que funcionará como hospital. Este espacio resulto insuficiente para las funciones conventuales y hospitalarias. Es en estos momentos cuando la Universidad adquiere un solar fuera murallas – con mejores condiciones higiénicas y para evitar posibles contagios – de aproximadamente 900 m^2 para albergar el nuevo hospital. Esto acentúa las disputas con el abad ya que en este lugar los benedictinos – que lo consideraban de su propiedad – querían construir casas.

De este nuevo edificio poseemos una descripción del año 1602 que recoge Josep M. Marquès en un estudio de las fortificaciones de esta villa (Fig. 1) y que citando a Eduardo Gonzalez Hurtebise dice: «La visita continua per I'hospital nou, que s'acabava de construir a fora de la vila per prevenir el contagi que podien portar els malalts i els que passaven la quarentena. Es mediren el pati (10 per 7 canes) i I'edifici (11 per 4 canes) i es comprova que hi havia sis llits ben equipats». (Gonzalez 1970, 98)

En la planta baja del nuevo edificio encontraríamos un patio de entrada que daba a dos salas con un techo formado por una bóveda de arista rebajada para acoger a enfermos y peregrinos. En esta planta también existía una pequeña capilla. En el primer piso había dos grandes salas rectangulares subdivididas para formar cinco estancias: la sala del hospitalero, una sala para los monjes, dos para la escuela de niños y una cocina. En esta planta existirían 6 camas bien equipadas (Fig. 2).

Este hospital, propiedad de la Universidad, era gestionado por unos regidores y un administrador que se

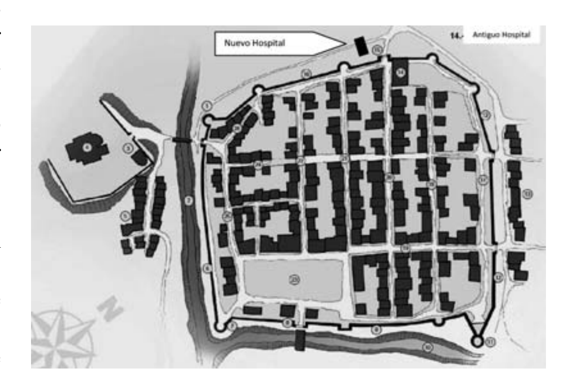


Figura 1
Plano de la trama urbana cuando se produce la construcción del nuevo Hospital extramuros (Bussot 2000)

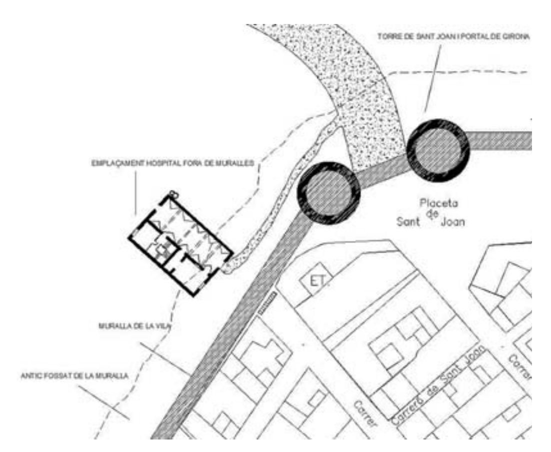


Figura 2
Situación del primer edificio del Hospital fuera de las murallas s XVI–XVII (Ferran Sintes)

elegían cada dos años. Este último era el encargado de la contabilidad, de cobrar censales, pagar al hospitalario y al medico, los medicamentos y alimentos. El déficit de la institución era persistente. A pesar de continuar las disputas entre los jurados y los benedictinos con la expulsión, dictada por el obispo de Girona, de los agustinos el hospital continua funcionando en unos momentos de grandes dificultades debidas al hambre y a la peste que afecta a la villa en el año 1652.

Disponemos de un inventario, datado en el año 1739, que dice: «La casa consiste en dos divisiones y al medio todo abierto, que por falta de caudales no se puede fabricar. Consisten tales divisiones en cuatro cuartos cada uno, dos abajo y dos arriba. Los dos cuartos de un lado de arriba sirven para la Enseñanza de Escuela de muchachos. Los dos cuartos del otro lado de arriba sirven el uno para el hospitalero y el otro para los Sacerdotes peregrinantes. En medio de estos dos esta la cocina para componer las comidas. Los otros cuartos de abajo sirven para los pobre peregrinantes y los del lugar, que por falta de medios se refugian en tal Hospital». (AHMSFG. Sección XIV, legajo 44)

Con el legado del año 1750 del doctor Pere Tauler (unas 3000 libras), la donación del maestro Joan Perantoni (100 libras) y del porteador Narcís Arxer (200 libras) se arreglaron cuatro casitas de alquiler (1763-1765). En agradecimiento el ayuntamiento coloco, en el año 1929, 4 lapidas que aún se conservan actualmente en la fachada. A parte de los legados —ascendían a más del 40% de los ingresos— la precariedad económica existente se vio acentuada por la Gran Guerra (1771-1775). El hospital de pobres paso a ser un hospital militar con lo que la población de la villa dejo de realizar donaciones.

El año 1792 los regidores encargaron la administración del hospital a Narcís Marsillach. En su diario anoto los hechos más destacables i las reformas realizadas entre las que destacamos el "blanqueado" y la colocación de un fregadero y una bomba en las proximidades del pozo. (AHMSFG. Hospital, Caja 4) A partir del año 1799 el hospital se ampliará como consecuencia del aumento de la población. Se derruirán las habitaciones de los hospitaleros para hacer las salas de hombres y mujeres más grandes, amplias y ventiladas. También se ocupo la casa colindante y se construyo una nueva cocina, una habitación para los hospitaleros y una sala de convalecencia.

Durante el siglo XIX, a pesar de las epidemias de cólera y de la emigración a las Americas, el crecimiento demográfico de Sant Feliu de Guíxols fue importante doblándose su población. Los que hicieron fortuna realizaron donaciones significativas para la ampliación del hospital y para el asilo Suris. Aunque el inicio de siglo fue complicado des del punto de vista económico (guerras, luchas internas por el poder, etc.), la donación de cinco devotos ciudadanos permitió que en el año 1838 se iniciaran las obras de ampliación del hospital. La intervención consistía en el traslado de la capilla de la planta baja al primer piso para mejorar la ventilación y facilitar el acceso de los enfermos a esta. Pero no solo eso sino también eliminar la gran sala, que había sido utilizada para bailes y fiestas, y habilitar una sacristía. El espacio que servia hasta estos momentos de capilla se utilizo como trastero. En estos momentos se incorporo al hospital la casa de la calle Mall —ciudadanos no pobres— construyéndose un aseo y un armario para guardar la vajilla y así no mezclarla con la que utilizaban los enfermos. (AHMSFG. Sección IV, legajo 42, 2.)

El año 1839 se diseño e inicio el proyecto del jardín botánico en el huerto del hospital. El proyecto incluía la construcción de unos pilares con cuatro arcos par hacerlo más agradable y atraer a los forasteros. También se construyo un depósito sobre el pozo y la instalación de una bomba para subir el agua y poner en funcionamiento el surtidor situado en el centro del jardín.

En el año 1840, a instancias del nuevo alcalde Sr. Patxot, se retomaron las obras paralizadas en el año 1838 a pesar de algunas denuncias en contra de estas. La donación de Joan Font Arxer junto con la de otros ciudadanos de la villa residentes en Barcelona que ascendió a la cantidad de 1263 duros posibilito la construcción de dos nuevas salas de convalecencia con cinco camas cada una. (AHMSFG. Hospital, Caja10) Las obras se iniciaron en el año 1845 construyéndose una nueva escalera exterior más amplia alineándose la fachada con la calle y creándose un patio arbolado de acceso al edificio.

El año 1855 Antoni Vidal Calsada deja al hospital en usufructo un solar detrás de éste para ampliar los espacios exteriores y habilitar una sala para locos. Este año fue muy importante para el hospital ya que Joan Font Arxer creo, en Barcelona, la Junta de Auxilios para solucionar los problemas de financiación de este edificio. Paralelamente, Josep Surís, residente en La Habana, dejo 20.000 duros para obras de beneficencia a la villa de Sant Feliu de Guíxols creándose una junta para su distribución anual.

Gracias a estas dos iniciativas en el año 1857 se inician las grandes obras de reforma en el hospital. Estas consisten en la ejecución de un segundo piso y en el traslado de la cocina a la planta baja. A partir de estos momentos el hospital pasa a ser de propiedad municipal.

En el año 1871 tuvo lugar una nueva reforma creándose una galería que fue pagada ente la Junta de Auxilios y el legado Surís. También se pago una valla en el huerto para evitar que desde el solar colindante —una fábrica de corcho— pudieran verse los enfermos. Un año después se amplio la capilla. En el año 1877 en la planta baja se instalo un colegio de párvulos y una escuela dominical para adultos. 3

A partir del año 1904 la Junta Surís encargo un nuevo asilo al arquitecto General Guitart. La creación de este nuevo asilo (Asilo Surís) privo al hospital de la villa de mas del 30 % de sus ingresos procedentes de la citada junta. A pesar de todo esto, el hospital continuo recibiendo donaciones entre las que destacamos la de Josep Remus Rufí (1897) por valor de 10.000 pesetas que permitió construir nuevas salas, para poder separar a los enfermos infectados del resto, y una nueva sala de operaciones. 4

El proyecto de reforma de Joan Bordàs

Introducción

El Ayuntamiento de Sant Feliu de Guíxols nombro el 11 de febrero de 1913 a Joan Bordàs arquitecto asesor del municipio, cargo que ejerció hasta su muerte en el año 1955. Estudio arquitectura en la Escuela de Barcelona donde obtuvo el titulo en el año 1910. Fue becado, dos años después, en la Escuela Española de Roma donde le inculcaron el diseño tradicionalista propio de la época. En el año 1912 fue nombrado por la Diputación Provincial profesor y director de la Escuela de Artes y Oficios de Sant Feliu de Guíxols.

En la memoria del proyecto inicial se contemplaba la reforma importante de una parte del edificio y una reconstrucción en toda su amplitud. La propuesta ascendía a un importe económico muy elevado. Por este motivo, debido a la falta de recursos existente, el Administrador, la Junta y el Ayuntamiento deciden racionalizar la inversión estableciendo prioridades «llenando a la vez en lo posible las necesidades del hospital, de modo que cumplida tal misión, el suscrito administrado opina que deberá ejecutarse a medida que se pueda y la junta así lo conceptúe» (AHMSFG. Hospital, Caja 25). 5 Esto hará que el proyecto de reforma se divida en tres secciones. Cada una de las secciones se acompañaba con un pliego de condiciones técnicas, un pliego de condiciones de adjudicación y su anuncio.

Primera sección

En la primera sección, datada el 24 de enero de 1915, se plantea la reforma del segundo piso. Las actuaciones que se proponen en esta sección se organizan según la sala en la que tienen lugar (Fig. 3).

En la sala de los enfermos se propone la sustitución del forjado (techo planta primera) existente que se sustituirá por un forjado formado por vigas metálicas de 6,50 metros de longitud empotradas, separadas 1,82 m y bovedillas cerámicas. Se realizará en este forjado un pavimento de mosaico hidráulico (4 Ptas./m^2) unido con mortero 1:3 y rejuntado con cemento Portland de buena calidad. En el techo se realizará un cielo raso de encañizado clavado en travesaños de madera empotrados, de 5 × 15 cm, separados 50 cm y suspendido con alambre. Las pa-

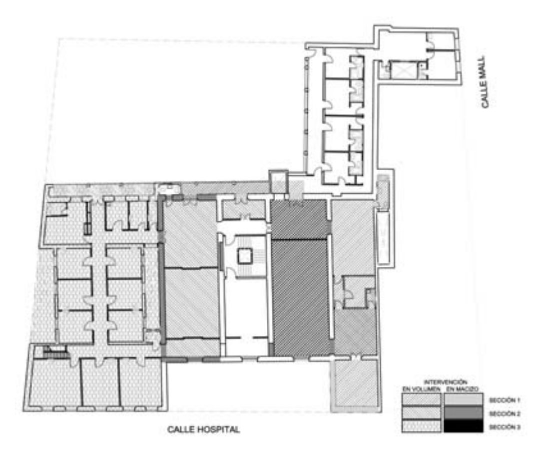


Figura 3
Plano de la planta piso segundo, con indicación de las diferentes intervenciones (Jordi Salvat)

redes se revocaran. En esta sala se abrirán ventanas semicirculares —como las existentes en el primer piso— y las ventanas de la fachada posterior se convertirán en puertas para acceder a los balcones. La habitación se ventilará a través del cielo raso con tubos abiertos a la fachada y protegidos con tela metálica (Fig. 4).

En la sala destinada a guardarropa no se sustituirá el forjado y el pavimento será también de mosaico hidráulico. El techo estará formado por vigas (no se especifica el material) sobre las cuales se colocará una doble solera donde se colocará una claraboya formada por una baldosa de 50 × 100 cm (seguramente de vidrio). Se construirá un cielo raso de encañizado clavado a las vigas del techo. Se realizarán dos huecos para la ventilación de 40 × 40 cm y 150 × 100 cm. Se abrirán dos huecos para acceder a un balcón y a un retrete. El desván que se forma será pavimentado con mosaicos ya utilizados (se cita como obra vieja).

En la sala de juntas y administración el techo se realizará con vigas de madera y con un cielo raso igual que el de la sala de los enfermos. El pavimento será idéntico al de la sala destinada a guardarropa. Esta sala se iluminará a través de una claraboya formada por dos baldosas (debían ser de vidrio) de 50 × 100 cm.

En el aposento intermedio se propone la construcción de dos tabiques para cerrarlo con pasillo desde el guardarropa a la sala de juntas. Se conservará el pavimento existente (solo se ejecutará con mosaico hidráulico en el pasillo). En el techo se emplearan vigas antiguas y se colocará un falso techo. Este espacio se iluminará de la misma forma que el guardarropa con una baldosa de 50 × 100 cm (vidrio). Una escalera de madera será instalada para acceder al techo del pasillo y del ropero (Fig. 5).

En el retrete el suelo se realizara con vigas metálicas, solera y mosaico hidráulico tal como se ha descrito para las salas anteriores. Para poder apoyar la pared de fachada que da al patio —con ventana— se insiste en la colocación de una doble viga. En esta sala se realizará un falso techo como el que ya hemos mencionado y se colocaran los sanitarios.

Respecto a la galería esta se prolongará en altura. Para ello se continuaran los pilares existentes en

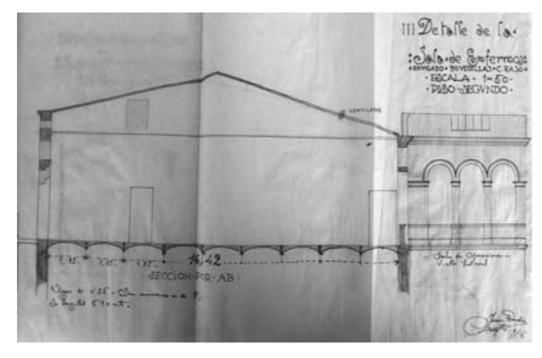


Figura 4
Sección de la sala de enfermos y de la fachada del patio de la sala de operaciones (AHMSFG. Hospital, Caja 25)

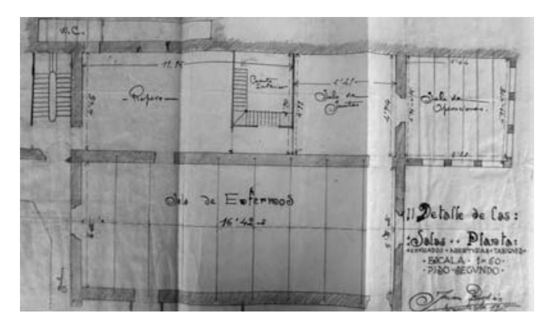


Figura 5
Plano de detalle, en planta, de la sala de enfermos, el ropero, la sala de juntas y la sala de operaciones (AHMSFG. Hospital, Caja 25)

planta primera y planta segunda. Estos se realizaran de obra de fábrica de ladrillo en el interior de la cual se colocarán unas vigas metálicas para aumentar su resistencia. Los dinteles estarán formados por dos vigas metálicas de 160 mm sobre las que se realizará un doble tabique rematado en todo su grueso en la parte superior (últimos 15 cm) para poder apoyar las vigas que cubrirán la galería. Las vigas para el techo de esta galería serán de 80 mm. Encima de estas vigas se ejecutará una solera de doble grueso sobre la que se realizara un pavimento de cemento Portland. Como remate, en la parte superior de la galería, se construirá una baranda formada por pilares de fábrica de ladrillo de 1,05 m de altura y entre ellos una barandilla formada por barrotes y pasamanos metálicos. En los accesos a esta nueva galería se realizarán oberturas con persianas tipo postigo que iluminarán las salas interiores (Fig. 6).

En la sala de operaciones se procederá a la sustitución del forjado existente —en estos momentos era terraza cubierta— por uno de vigas metálicas de 160 mm, con una longitud total de 4,95 m, separadas entre si 75 cm y empotradas 15 cm en sus apoyos. Las bovedillas, pavimento y paredes —incluyendo revoque y enyesado— se realizará de la misma forma que en la sala de los enfermos. El tejado será a dos vertientes formado por vigas metálicas de 80 mm, viga cumbrera de 200 mm empotrada, y solera de dos gruesos. Este tejado se apoyará sobre dos muros de fábrica de ladrillo y mampostería ejecutados en este momento. En el tejado se colocará una claraboya de la que no se especifican sus medidas. Igual que en las otras salas se realizará un falso techo de encañizado y se revocaran las paredes exteriores colocando las oberturas necesarias.

Durante estas obras de reforma se protegen los pavimentos existentes —a conservar— mediante la colocación de serrín, tablones y esteras para evitar que los trozos procedentes de los forjados a derruir los deterioren. También se habilitará un acceso provisional al Coro de la Capilla.

Segunda sección

Esta parte se finalizó oficialmente el día 13 de julio de 1915, con varias zonas a reformar o ampliar. En la planta baja (Fig. 7), se actuó en la cocina y en su entorno alicatando con mosaicos. En la sala de enfermos, situada en el primer piso, se recuperó el pavimento, se reconstruyó el suelo con vigas metálicas de 0,26 m de canto y arco cerámico de tres grosores y se vuelve a colocar el mismo mosaico hidráulico. El techo se reconstruye con las mismas condiciones que anteriormente se ha comentado. Se abren puertas



Figura 6
Vista de la fachada interior del patio, galerías (Ferran Sintes)

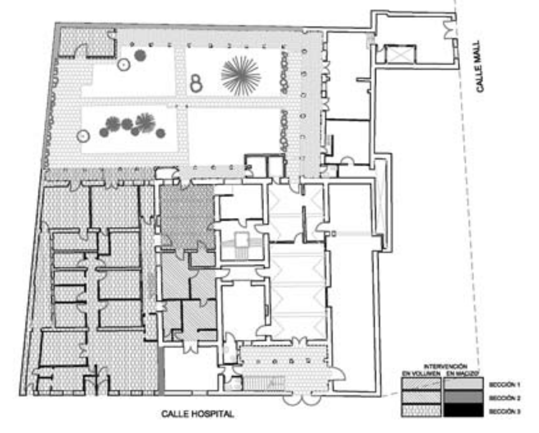


Figura 7
Plano de la planta baja, con indicación de las diferentes intervenciones (Jordi Salvat)

para comunicar los dormitorios de las monjas con la sala de mujeres y, por último, se mejoran los balcones y se realizan aberturas posteriores y se crea una hornacina para la colocación de una imagen (Fig. 8).



Figura 8
Vista de la hornacina y de la cubierta (Ferran Sintes)

En el segundo piso, en la sala de enfermos, se alicatará, como la sala de la planta inferior; la puerta de entrada y las dos puertas del balcón se ampliaran y se abrirán nuevos pasos. Se construye el techo a base de viguetas de madera (0,05 × 0,015 m de sección y intereje de 0,50 m). El falso techo de encañizado, clavado en viguetas de madera transversales, y suspendido por alambre grueso. La pared de cierre del huerto y las paredes laterales de la sala se levantan, esta segunda hasta la altura de la sala de hombres (Fig. 9).

En la sala de juntas, el paso y la cocina se considera que el suelo está en buenas condiciones, se alicata con mosaico hidráulico y los techos se realizan nuevos con viguetas de madera y el falso techo encañizado. La cocina se amplía desplazando los tabiques hasta la nueva altura. También se modifican diversas oberturas como en el resto de la planta y se construyen tabiques de separación de las dos salas e iluminación cenital con un tragaluz de 1,60 m de diámetro. Por último, en el pasillo se construirá un armario parecido al existente en el primer piso y se alicata con mosaico hidráulico.



Figura 9
Vista de una de las salas de enfermos (Ferran Sintes)

En la planta bajo cubierta, la zona situada sobre la sala de juntas, el archivo y el guardarropa se construye un espacio destinado a archivo con el techo de viguetas metálicas y de madera (Fig. 10).

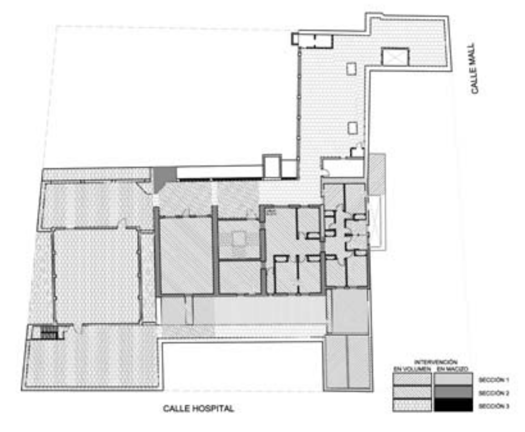


Figura 10
Plano de la planta bajo cubierta, con indicación de las diferentes intervenciones (Jordi Salvat)

En el espacio situado sobre las salas de enfermos del segundo piso se construirá una parte con terraza plana sobre vigas de hierro y el espacio de almacén con un techo de vigas de madera, cubierta con teja recuperada de la misma obra. También se construyen tabiques de separación y se alicatan con cerámica de la Bisbal. En esta misma planta se prolonga la caja del escusado, adosado en la fachada de las plantas inferiores, hasta la azotea, con techo de viguetas de madera y falso techo. En la cubierta se coloca un depósito de agua sobre un techo debidamente reforzado. También se realiza una reconstrucción y alargamiento de la chimenea (Fig. 11).

La última actuación que se realiza en esta sección se hace en la escalera, donde se prolonga la caja de escalera de la segunda planta a la cubierta con una pared de 15 cm, 5 tramos de escalones nuevos para acceder al espacio de bajo cubierta, con las mismas

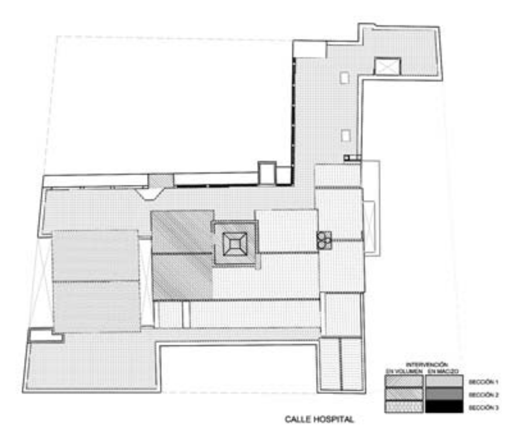


Figura 11
Plano de la planta cubierta, con indicación de las diferentes intervenciones (Jordi Salvat)

condiciones que las existentes. La bóveda de la cubierta se repara añadiendo el campanario en una esquina.

Tercera sección

La tercera sección fue la más intensa en cuanto a actuaciones se refiere y se realizó poco después de la segunda, el 19 de julio de 1916.

En planta baja (Fig. 7), fueron varias las actuaciones que se realizaron, empezando por el derrumbe de la parte antigua donde se prevé la recuperación del material que se encuentre en buenas condiciones, el replanteo de las obras con la dirección, la administración y el contratista. Para la cimentación, prevé abrir zanjas hasta encontrar suelo firme (aproximadamente 1,50 m de profundidad) y también se prevé la posibilidad de reforzar los cimientos de las paredes medianeras existentes que formaran parte de la ampliación. Del saneamiento, se prevé la eliminación del pozo muerto (*Pozo Mouràs*) por la construcción de dos nuevos (uno nuevo conectado a la red de saneamiento de la calle Hospital y el otro al pozo existente). En toda la ampliación de esta planta, se colocarán unas piezas cerámicas (menor del 10 cm por encima de la acera) para evitar la subida de humedad. Los pavimentos de toda la planta se realizaran a base de mosaico hidráulico, excepto en los patios que serán de hormigón y las galerías serán a base de *cairons de Quart*. Los dos cuartos de baño situados en esta planta, se construirán según los planos, con falso techo y oberturas al pasillo para iluminarlos y el alicatado será parcial: esquinas reforzadas y el resto enlucido.

Para finalizar con la planta baja tenemos las cocinas, que se intentará recuperar todo lo posible de las antiguas y se reconstruirá con la misma funcionalidad, alicatando las paredes y substituyendo las chimeneas por tubos exteriores de hormigón.

El primer piso mantiene las mismas condiciones que la planta baja, excepto que las paredes y los techos irán enyesados. Los tabiques de las habitaciones de las monjas no llegaran hasta el techo (Fig. 12).

El segundo piso se continúa con el pavimento de mosaico hidráulico y las paredes enyesadas. El falso techo será de encañizado en todas las habitaciones como el resto ya construido, con la diferencia que se colocaran molduras y se redondearán las aristas de todos los techos. El pavimento de la sala de baño será de hormigón de calidad con la previsión de montar servicios.

La parte central de las terrazas irán cubiertas, mientras que las otras dos partes correspondientes a la fachada principal y posterior irán descubiertas. El suelo de la parte central se realizará a base de vigas de madera, solera de cerámica y el techo de viga metálica. Los pavimentos de las terrazas serán de cerámica de La Bisbal, excepto el de la parte cubierta que

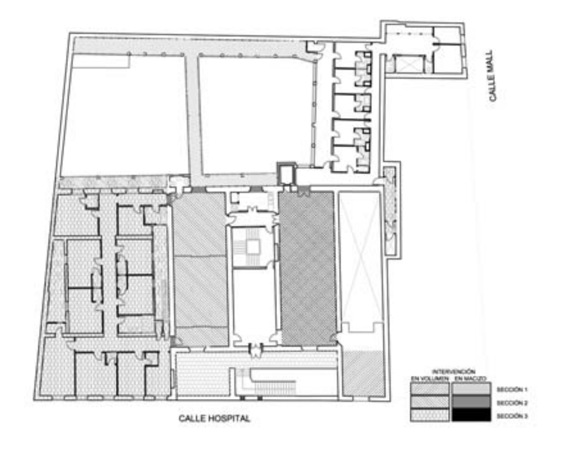


Figura 12
Plano de la planta piso primero, con indicación de las diferentes intervenciones (Jordi Salvat)

será a base de pavimento recuperado de las obras de mejora.

Los pavimentos de los patios se realizaran de cemento Portland con las pendientes necesarias para el desagüe. Los muros y la barandilla estarán formados por pared de lacrillo de 15 cm y tabiques, con pilares de 30 cm de grosor y ancho variable. Uno de estos pilares se elevara para sostener las vigas del tejado. Los muros serán enlucidos y se formaran tres rosetones para ventilar el desván.

Las cornisas de la fachada principal se construirán de la misma manera que las de la capilla y sala de operaciones, exceptuando las pilastras del primer piso que conservan la base y el capitel. El fuste será liso. Se prevé recuperar las piedras trabajadas de las puertas y ventanas antiguas para utilizarlas en el zócalo de la planta baja, si esto no fuese posible se hará con obra de fábrica vista. Se intenta aprovechar el dintel y las jambas de la antigua puerta de entrada por la nueva (Fig. 13).

Siguiendo con la misma fachada, en la parte que se amplía se realizan una serie de franjas cerámicas de obra vista, rematada por una cornisa de once niveles a diferente escalado. Los espacios entre obra y obra irán remolinados. En la misma ampliación, pero en primer y segundo piso, se colocará una pequeña cornisa de 5 cm. Por último se prolonga la cornisa del edificio existente en el segundo nivel (sala de operaciones) hasta la medianera del edificio nuevo.

La fachada posterior del nuevo edificio se realizará siguiendo el mismo patrón que el existente. La estructura de la galería se formará por viguetas metálicas de 8 cm, formando una solera y pavimento de Pórtland. La estructura vertical es a base de pilares cerámicos. Estéticamente se intentará imitar las oberturas semicirculares del edificio lateral, adaptadas a las diferentes medidas de las oberturas. En el espacio intermedio por encima de la segunda planta, utilizada como trastero, se colocaran cuatro rosetones prefabricados de hormigón para la ventilación del mismo (Fig. 14).

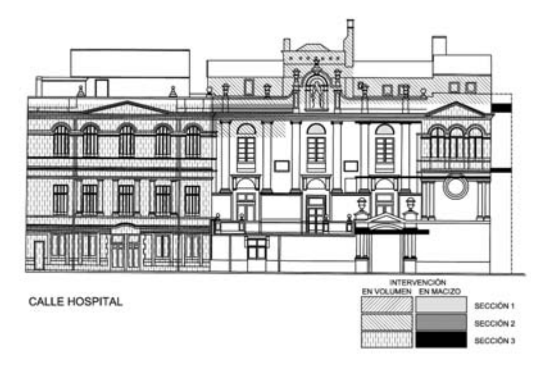


Figura 13
Alzado de la calle hospital, con indicación de las diferentes intervenciones (Jordi Salvat)

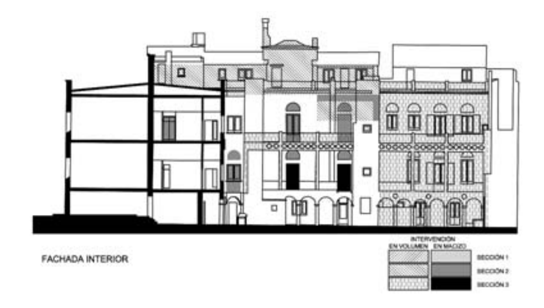


Figura 14
Alzado de la fachada del patio y sección del edificio de la calle Mall, con indicación de las diferentes intervenciones (Jordi Salvat)

Conclusiones

Aunque tenemos noticias del hospital de Sant Feliu de Guíxols des de principios del siglo XIV, este no se ubicará en el lugar que ocupa en la actualidad —anteriormente se encontraba fuera murallas para evitar contagios— hasta finales del siglo XVI. Este hospital y sus ampliaciones serán posibles gracias a las donaciones de particulares y a la buena gestión de regidores y administradores de la Junta.

Como hemos podido observar en esta comunicación, una de las reformas más importante que tendrá lugar en el hospital —de la que poseemos gran cantidad de documentación— es la realizada por Joan Bordàs a principios del siglo XX. Anteriormente tenemos documentadas dos propuestas de reforma, la de Ildefonso Casamort y la de Bernardo Pejoan. La de este último, de poca envergadura y que afectaba al edificio adyacente situado en la calle Mall, fue realizada justo antes de la propuesta de J. Bordàs. Las dificultades económicas de la época hicieron que la reforma se plantease en tres fases o secciones.

En la primera sección la reforma se centra en el segundo piso y en la obertura de la galería situada en la fachada posterior. En la segunda sección se interviene en planta baja, primera y segunda realizando mejoras y pequeñas ampliaciones. En la sección tercera, momento en que se realiza la intervención más importante, se actúa a nivel de las tres plantas existentes y se realiza la ampliación del edificio a la izquierda de la fachada principal, en un solar adquirido para este fin.

A grandes rasgos podemos resumir que las reformas consistirán en la sustitución de las vigas de madera —se conservan algunas por su buen estado de conservación— por vigas metálicas de 160 mm, intereje de 74 cm (bovedillas cerámicas) y empotradas 15 cm en la pared de carga; en la sustitución de los pavimentos existentes por pavimentos de mosaico hidráulico fabricado en Sant Feliu de Guíxols y con un coste de 4 pts/m^2; utilización de mortero de cemento Pórtland 1:3; realización de falsos techos con encañizado; alicatado en las salas húmedas y enyesado en las secas; aprovechamiento del material existente procedente del derribo como vigas, ladrillos, tejas, etc. y finalmente, la mejora de la ventilación del edificio mediante la obertura de puertas, ventanas y conductos de evacuación y extracción. En las obras *nuevas* (ampliación realizada en la 3 sección) se utilizaran los mismos materiales citados anteriormente.

Notas

1. Este testamento, citado por Jiménez (1990) se encuentra en el Archivo Municipal de
Sant Feliu de Guíxols (citaremos como AHMSFG) en el Pergamino, 18.
2. Borrell (2005) realiza un estudio exhaustivo sobre la caridad y la beneficencia en el Hospital de Sant Feliu de Guíxols en el periodo comprendido entre el siglo XIV y el siglo XX.
3. La intervención realizada en el año 1871 se puede reseguir a través de los siguientes documentos del AHMSG: Sección IV, legajo 53, 54 y 63; Hospital, cajas 28 y 4; Marsillach, f. 72-74.

4 Se puede consultar en el AHMSFG los Manuales de Acuerdos de 17 marzo y 28 junio de 1895 y 8 de octubre 1899 para realizar las citadas reformas.

5. AHMSFG. Hospital, caja 25, página 1 de la memoria del proyecto de Joan Bordàs. En la última página de la memoria (la 3) se vuelve a insistir en que la totalidad de la reforma no es posible y se fijan las prioridades.

Lista de referencias

AHMSFG. Los fondos fundamentales que hemos consultado para esta comunicación son: Hospital, Sección, Marsillach, Manuales de Acuerdos.

Borrell Sabater, Miquel. 2005. *Caritat, beneficència, solidaritat: L'hospital de Sant feliu de Guixols: (del S.XIV al S.XX)*. Sant Feliu de Guíxols: Graficas Bigas.

Bussot Liñón, Gerard. 2000. *Carrers, cases i arquitectes: Sant Feliu de Guíxols, dels inicis fins el 1931*. Sant Feliu de Guíxols: Ajuntamiento y Diputación de Girona.

Gonzalez Hurtebise, Eduardo. 1970. *Bosquejo historico de la villa de San Feliu de Guixols: seguido de unos breves apuntes de historia interna, desde los más remotos tiempos hasta 1517*. Sant Feliu de Guixols: Ancora.

Jimenez, Angel. 1990. *Informatiu de l'Arxiu i del Museu* nº 3.

Raventos Conti, Jacint ; Marquès Planaguma, Josep Maria. 1999. *Història dels Hospitals de Catalunya*. Vol. 2. Barcelona: Editorial Hacer.

El dibujo de obra en Italia central en la época medieval

Renzo Chiovelli
Daniela Esposito
Marina Anna Laura Mengali

No ha transcurrido mucho tiempo de cuando la historiadora del arte Angiola Maria Romanini lamentaba la escasez de testimonios que tenemos acerca de los «proyectos» arquitectónicos originarios italianos de época medieval, que pueden reconducirse a un grupo exiguo llegado hasta hoy, y de las fuentes escritas todavía más limitadas y problemáticas que pueden integrarlos (*Prefacio* a Ascani 1997, 7-11). Se considera, por lo tanto, que el ámbito de la península italiana, entre la última década del Siglo XIII y finales del Siglo XIV constituya uno «de los "fenómenos" hasta hoy más oscuros, desde el punto de vista historiográfico, en todo el sector del arte gótico occidental», a pesar de que haya visto nacer, entre Toscana, Umbría y Lacio, una forma y una práctica arquitectónicas nuevas, que sucesivamente se difundió en Italia septentrional, especialmente en Emilia y Lombardía. Para la importante estudiosa, por lo que se refiere al gran gótico occidental, el «caso italiano» se distingue, especialmente, justamente por lo que concierne los procedimientos de proyecto y ejecución aplicados en la realización de las grandes obras de arquitectura y de escultura monumental. Se hace referencia, más en concreto, a la aparición precoz, a partir de la terminación del siglo XIII, en la conducción de las obras en el área de Toscana-Umbría-Lacio, de hacedores individuales de fuerte personalidad, capaces de ejecutar las obras con libertad creativa y de proyecto, es decir a la aparición del «artista creador en primera persona contrapuesto al trabajo anónimo que el imaginario moderno acostumbra relacionar con la idea misma de catedral y en general de arte medieval». Por lo tanto se considera indiscutible la especificidad de la manifestación, a partir del área de Toscana-Umbría-Lacio y desde la época gótica de que ya se ha hablado, de un «responsable», explícito y oficial, reconocido y celebrado por todos como tal, es decir del gran artista «*caput magister*».[1]

En general, se reconoce como la práctica de proyecto y ejecutiva en campo arquitectónico, durante un largo tiempo, en el Medioevo se incluya en el ámbito de los «artes mecánicos», es decir como actividad meramente manual y, por lo tanto, excluida de los «artes liberales», caracterizados por la originalidad de la elaboración intelectual, aunque, desde hace tiempo, se está siempre más haciendo luz sobre las relaciones de coexistencia en el trabajo de figuras individuales, a que se atribuyen tareas específicas de responsabilidad en el proyecto técnico y en la ejecución de la obra, junto a lo que se considera tradicionalmente como fruto de la colaboración colectiva. Si hasta todo el siglo XII gran parte de la actividad de construcción puede considerarse sometida, administrativamente, y además para muchos también por lo que concierne los proyectos, al monopolio de la clase eclesiástica, que tenía la prerrogativa, casi exclusiva, de las actividades intelectuales, y el término *architectos* puede utilizarse todavía para designar profesiones comunes en la obra de construcción, como por ejemplo la de los carpinteros, es a partir del siglo XIII que se asiste a una maduración de la figura pro-

fesional del arquitecto, que irá paulatinamente organizando su actividad laboral específica, hasta llegar a la obligación del «secreto» acerca de los aspectos técnicos-profesionales del oficio, como en las Constituciones inglesas de 1390 y en la unificación de los estatutos de las logias de varias ciudades alemanas, que se llevó a cabo en Ratisbona en 1459. El mismo tono polémico e indignado del sermón con que, en el año 1261, el dominico Nicolás de Biard arremetía contra las posturas y las nuevas funciones que los *magistri cementariorum* estaban asumiendo en la dirección de la obra, demuestra el inicio de un período de transformación de la que se convertirá en la figura profesional del arquitecto, justamente mientras se está separando de las otras profesiones de la obra de construcción.[2]

Regresando a la afirmación de la aparición de una figura especial de nuevo arquitecto o «*caput magister*» en el ámbito cultural y territorial en Toscana-Umbría-Lacio, varias partes la hacen derivar del uso, atribuido a los artistas de la zona de Pisa, de técnicas experimentales de proyecto preliminares a la ejecución, basadas, según la documentación que ha llegado hasta nosotros, en medios gráficos del diseño de proyecto. En este sentido, se atribuye una posición de absoluta vanguardia (Ascani 1997, 24-25) a Nicola Pisano, seguido por Arnolfo di Cambio y por Giovanni Pisano, introductores precoces de métodos de proyecto innovadores, a través de procedimientos gráficos que habrían permitido al arquitecto concebir su trabajo artístico, ideando previamente sus soluciones técnicas y formales, además de permitirle presentarlas a los clientes y, en algunos casos, incluso públicamente, antes de la elección ejecutiva definitiva. Para eso, se menciona como primer ejemplo documentado italiano el método de trabajo de Nicola Pisano para la realización del púlpito de la catedral de Siena, de que nos ha llegado una descripción que se hace en el contrato de asignación de la obra del 29 de septiembre de 1265, tan cuidadosamente completa de cantidades y medidas, que hace suponer que se trate de una exposición de la obra basada en la lectura de un dibujo cotizado realizado específicamente por el artista para sus clientes. Todavía más explícita aparece la indicación de la adquisición, que se hizo hacer el 26 de agosto de 1277, por parte del superintendente de ciudad de Perusa, de dos pergaminos que habrían tenido que servir para diseñar la fuente, ahora perdida, que Arnolfo di Cambio realizó para la ciudad de Umbría, o bien, según otros estudiosos, la mayor de Nicola y Giovanni Pisano. En cambio este último seguramente se encuentra ocupado, en 1296, como jefe de la Obra de la catedral de Siena, en la redacción de dibujos preliminares para la «ecclesia in honorem beati Johannis» en el ámbito de la obra de la catedral. Con el comienzo del siglo XIV, parecería que la práctica de los dibujos de proyecto preliminares en escala ya sea una práctica consolidada en esta parte de Italia, también a la luz de los testimonios concretos de los dibujos que nos han llegado, sobre todo de área Toscana, a partir de los dibujos para la fachada de la catedral de Orvieto. En cambio, viendo lo que propone Müller (1989, 237), siguiendo las afirmaciones de Braunfels ([1953] 1982), el dibujo técnico habría sido introducido en Italia en la segunda mitad del siglo XIII, gracias a Giovanni Pisano, que habría cubierto el rol de intermediario con la cultura transalpina, donde ya se conocía el arte del dibujo, después de un viaje suyo a Francia, no documentado, en que habría visitado, entre otros edificios, la catedral de Reims durante su construcción; así, en poco tiempo, la práctica moderna del dibujo italiano habría mostrado una mayor maduración en la obra de Lorenzo Maitani de Siena, considerado el autor de ambos dibujos para la fachada de la catedral de Orvieto[3]. En cambio, parte de la crítica ve en uno de los dos dibujos de Orvieto, el que se aleja más de lo que se ha realizado en concreto, un gusto más francesizado, por el cual, entre las varias atribuciones afirmadas por los estudiosos acerca de su posible autor, queda siempre admisible la hipótesis avanzada, ya desde 1928 (Schmarsow) de asignarlo a Ramo di Paganello, de quien se ha documentado un viaje en tierra francesa.[4]

En realidad el nuevo método operativo en el campo del proyecto arquitectónico y de la escultura monumental, después de que el dibujo de proyecto se había desarrollado en Francia septentrional en la primera parte del siglo XIII, en sintonía con la maduración del gótico, se estaba difundiendo en el Occidente europeo justamente en las décadas a caballo de la mitad del siglo, cuando las usuales operaciones de proyecto, utilizadas en el campo de las construcciones, ya tenían que aparecer no idóneas como medio de creación, control y presentación de las complejidades técnicas y formales que, ya desde tiempo, requerían las modernas obras arquitectónicas de carácter gótico, que se estaban difundiendo en amplias

áreas del continente. De hecho, hasta ese tiempo se había operado con métodos más empíricos, como lo demuestran las representaciones gráficas esquematizadas y las representaciones de modelos de madera o terracota, ya desde la época del alto medioevo, o las mediciones y los proporcionamientos conducidos directamente en el terreno a través de cuerdas, como en una miniatura del siglo XII en que San Pedro, San Pablo y San Esteban aparecen al abad Gunzo mientras trazan el plano de la basílica de Cluny. Es a partir del siglo XIII que datan los primeros dibujos de proyecto en escala reducida que nos han quedado, como la llamada parrilla de Reims y los dibujos más antiguos de Estrasburgo, y asimismo el primer dibujo de detalle conservado en pergamino (Pächt, Alexander 1973, 31).[5]

Si el proyecto arquitectónico del conjunto de la obra tuviera que sufrir un cambio radical a partir por lo menos de comienzos del siglo XIII, la última fase del proyecto gráfico tuvo que quedar la de la definición de los elementos de detalles, que podían trazarse incluso contemporáneamente a la realización del edificio, como demuestran los dibujos grabados, la mayoría de las veces en tamaño natural, en paredes y pavimentos de las mismas obras construidas. Los dibujos más antiguos grabados en la piedra, en escala 1:1, que se conocen, datan de la última década del siglo XII, y se trata de dos representaciones para un rosetón de la fachada occidental de la iglesia de la abadía de Byland, en el North Yorkshire, encontrados en la misma abadía cisterciense, de un detalle arquitectónico similar grabado en una pared de la iglesia colegial de Notre-Dame-en-Vaux en Châlons-sur-Marne y de otro grabado en la abadía cisterciense de Noirlac. Dibujos ejecutivos de este tipo se encuentran, a partir de comienzos del siglo XIII, en las catedrales de Soissons, Reims, Narbonne, Limoges y Clermont-Ferrand, como en Wells y en York, utilizados como soportes en la obra para la realización de modelos y perfiles, de materiales ligeros y de escaso espesor, que habrían servido para la ejecución de los elementos de piedra de construcción y para el control posible definitivo de las varias piezas, antes del montaje, después de la terminación de las mismas.

En Italia, unos grabados de proyecto similares sobre piedra siempre se han considerado una rareza, ya que no se conocían que pocos ejemplos, muy lejanos geográficamente entre ellos y de épocas bastante diferentes, tanto que se supone que la práctica de los grabados de obra sobre piedra fuera considerada de escasa importancia por los arquitectos italianos del tardo Medioevo. Los únicos dibujos italianos grabados sobre piedra que los estudios generales mencionan sobre el argumento (Ascani 1997, 126-127) son los del rosetón de la iglesia de Santa María en Ponte, cerca de Cerreto di Spoleto, en Valnerina, considerado el dibujo más antiguo de este tipo de gráficos italianos en escala real, considerando la interpretación de la fecha poco legible que se encuentra en el mismo, que puede referirse al año 1201; las representaciones de tímpanos, también éstos en tamaño natural, para la fachada septentrional de la catedral del siglo XIV de San Andrés en Venzone, y de parte de un ajimez, encontrados en la catedral después de las excavaciones realizadas después del terremoto de Friuli en 1976, y el grabado precoz de tres tranqueos para ventanas trazado en una pared de la catedral de Monreale en época Normanda, que pero no posee las características del proyecto proporcional, pudiéndose considerar simplemente un bosquejo. A estos ejemplos limitados se ha añadido sucesivamente (Borgherini 2001, 30-31) el de los trazados sobre piedra mencionados por Ambrosi (1990), acerca de arcos medievales en Apulia.

La presente investigación añade a estos hallazgos anteriores, otros ejemplos inéditos de dibujos de obra grabados sobre las piedras de pavimentos y paredes de edificios del tardo medioevo y de un caso inusual de grabado de proyecto, también éste en escala real, realizado en un enlucido recién aplicado específicamente en una pared del Peñón de Piancastagnaio, castillo ubicado en el Monte Amiata, que perteneció a la república de Siena. El hallazgo de este grabado arquitectónico sobre enlucido nos permite comprender mejor el significado específico de la documentación escrita conocida relativa a casos análogos, como el pago realizado en Florencia en 1338-1339, a propósito de la «cal viva para enlucir donde tienen que dibujarse las puertas de San Juan», como menciona Vasari en sus *Vidas* (Oertel 1940, 267), y asimismo el de la comparación realizada en 1357, siempre en Florencia, entre proyectos diferentes, en escala real, para escoger los pilares de las naves de Santa María del Fiore, ejecutada disponiendo «que a Servi se hiciera enlucir y dibujar el ejemplo de la columna y de los capiteles en grandeza natural» (Guasti [1887] 1974, 116-117). Finalmente,

también se presenta un amplio dibujo grabado en tierra, en pleno siglo XVI, en el pavimento de la iglesia de San Salvatore de Campi cerca de Norcia, Umbría, mediante el cual se puede apreciar la «larga duración» que, en la zona que se toma en examen, tuvo que tener el método del proyecto arquitectónico grabado sobre piedra.

El dibujo sobre el pavimento de piedra de la iglesia de San Pedro en Tuscania (Viterbo)

El primero de los dibujos inéditos que se presentan en este estudio se refiere a una serie de formas circulares grabadas en las lastras lapídeas más antiguas que forman el pavimento de la nave izquierda de la basílica de San Pedro en Tuscania.[6] Se trata de dos círculos concéntricos, respectivamente de unos 199 y 253 cm de diámetro, el menor de los cuales resulta tangente a una circunferencia externa más pequeña, de solamente 50,5 cm de diámetro. A poca distancia de este último círculo, un segmento de circunferencia de 50 cm se vuelve a proponer, tangente internamente a otros dos segmentos breves de círculos concéntricos de diámetro más amplio, lejos entre ellos de 17 cm y con centro de construcción diferente con respecto al del primer par de circunferencias.

Una primera evaluación de estos grabados parecería sugerir el trazado de varias pruebas gráficas para un rosetón de fachada, tipológicamente análogo al que está presente en el prospecto actual, caracterizado por una rosa interna rodeada por una serie de pequeños elementos circulares, incluidos en un anillo externo más amplio.

Los grabados se encuentran en la tercera arcada del cuerpo longitudinal de la iglesia, es decir en la arcada, situada más cerca de la fachada, que sobrevivió en el momento de la demolición del frente originario, construido alrededor de 1093, y que comportó consiguientemente el abatimiento de los arcos de la arcada situada atrás. Demolición ejecutada entre fines del siglo XII y comienzos del siglo XIII, para ampliar la iglesia con una nave ulterior y darle una nueva fachada. Por lo tanto, esta ubicación parecería confirmar la hipótesis de que los dibujos en el suelo se hayan grabado justamente en función de la ideación de elementos arquitectónicos de detalle de la nueva fachada en construcción, poniéndolos entre los más antiguos conocidos en Italia.

Figura 1
Levantamiento gráfico del dibujo, grabado en el enlucido, que representa un arco «senés» en el peñón de Piancastagnaio en el Monte Amiata (levantamiento de Renzo Chiovelli y Marina Anna Laura Mengali)

El dibujo en la pared sobre enlucido del peñón de Piancastagnaio (Siena)

El dibujo encontrado en el interior del peñón de Piancastagnaio, un centro de la zona del Monte Amiata, en la provincia de Siena, aparece especialmente interesante, tanto por el sujeto representado, como, sobre todo, por la técnica utilizada del grabado sobre enlucido fresco, de que, como ya hemos dicho, el dibujo examinado resulta ser el único ejemplo conservado conocido en Italia.

El grabado, ubicado en el primer nivel de una escalera situada en el lado meridional del patio actual del peñón, fue realizado sobre una capa espesa de enlucido aplicado en el paramento en filas de sillares de piedra basáltica, colocados en la obra con juntas de mortero más bien altas e irregulares, cuya superficie, áspera y discontinua, no habría permitido, de otra forma, el grabado del dibujo. El grabado del peñón de Piancastagnaio representa el proyecto arquitectónico, en escala 1:1, de un arco de puerta monumental del tipo llamado «senés», constituido por la combi-

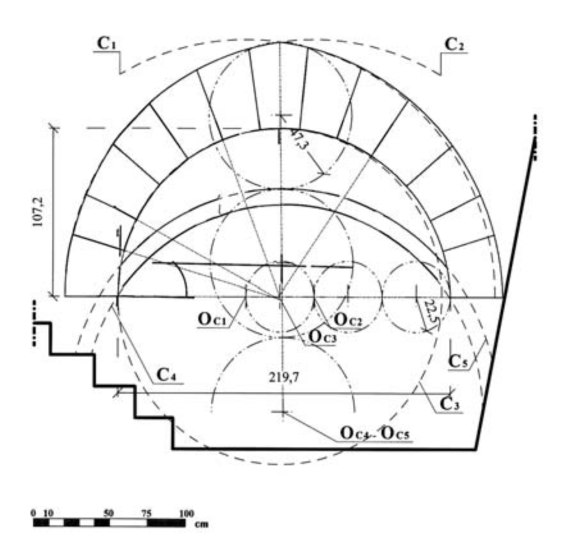


Figura 2
Devolución gráfica completa del dibujo del arco «senés» grabado en el enlucido en el Peñón de Piancastagnaio, como tenía que ser originariamente, con indicaciones relativas a medidas dimensionales y trazados constructivos

nación de dos arcos, uno superior, ojival, arriba de otro inferior, escarzano. El arco se había proyectado para una abertura amplia unos 220 cm (equivalente a una caña de cuatro brazos toscanos «en el suelo»), que, considerando las dimensiones reducidas, podía utilizarse como puerta de entrada no transitable, que posiblemente tenía que construirse en el ámbito del mismo peñón o de las estructuras fortificadas conectadas al mismo.

El dibujo geométrico se ha estructurado en dos líneas horizontales, de que una principal de base, y sobre un eje central perpendicular a las mismas. En la superficie del arco superior, de tipo falcado, se ha grabado una división en sillares de espesor creciente desde la imposta hasta la llave, con las juntas que convergen hacia el centro de la construcción geométrica. El perfil de extradós de este arco superior se ha trazado, probablemente, con el auxilio de un cordel, utilizando como pivote dos centros identificados en el eje horizontal. El criterio de construcción geométrica utilizado preveía la división, mediante cuatro puntos, de la línea de imposta en cinco partes y la colocación de los centros de las circunferencias de

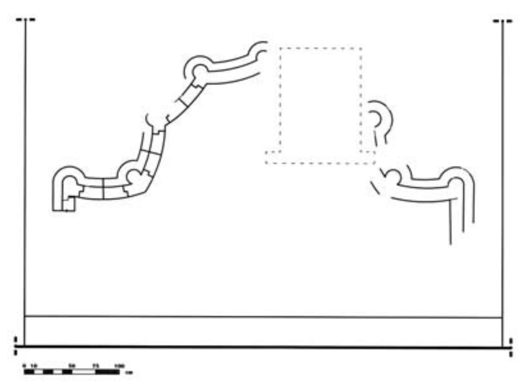


Figura 3
Levantamiento gráfico del dibujo, grabado sobre piedra, en la contrafachada de la Parroquia de Santa María en Arezzo (levantamiento de Renzo Chiovelli y Marina Anna Laura Mengali)

construcción de las curvas del extradós en los dos fulcros situados cerca del eje vertical.[7] En cambio, el arco inferior escarzano se ha dibujado trazando, con el mismo método del cordel, dos arcos concéntricos desde un punto, hoy ya no legible en la superficie de la pared, establecido en la extremidad del eje vertical de construcción geométrica. También este último resulta dividido en cinco partes iguales en base a un módulo que identifica el centro del eje horizontal secundario.

Por lo que se refiere a la fecha, el arco definido «senés», llamado así por la difusión que este tipo ha tenido en la arquitectura de Siena y de su territorio, puede datarse, en base a los ejemplos conservados, desde mediados del siglo XIII hasta todo el siglo XI (Gabbrielli 2002, Gabbrielli 2010).

Concluyendo, considerando los resultados del análisis tipológico, de estilo y geométrico del arco representado y las vicisitudes constructivas del peñón, con relación a las características de la arquitectura medieval del territorio, el dibujo grabado de Piancastagnaio podría haber sido realizado en el período en que el centro del monte Amiata estuvo sujeto al dominio de la república de Siena, a partir de mediados del siglo XIV.

Los dibujos en las paredes de piedra de la Parroquia de Santa María en Arezzo

Otro dibujo de obra inédito se ha encontrado grabado, en escala natural, en la contrafachada de la parroquia románica de Santa María en Arezzo. Por sus dimensiones, bastante amplias, ha sido necesario trazarlo en la porción de pared de sillares escuadrados de piedra local que se extiende entre la puerta monumental mayor de la iglesia y el semipilar de comienzo de las arcadas que dividen la nave central de la secundaria izquierda. De hecho, a causa de la asimetría de la frente de fachada de la parroquia de Arezzo, esta pared resulta la más espaciosa y libre de toda la contrafachada.

El proyecto representa, con precisión gráfica, un detalle arquitectónico articulado, con eje de simetría central con respecto a la amplitud de base que mide unos 442,6 cm, reconducible a la extensión de dos cañas de cuatro brazos de Toscana «en el suelo» cada una. El mismo está constituido por una serie de ocho segmentos de circunferencia, conectados entre ellos por semicírculos, que funcionan como bisagra en la articulación de la composición, en un movimiento, tan característico cuanto peculiar, de la estructura claramente gótico.

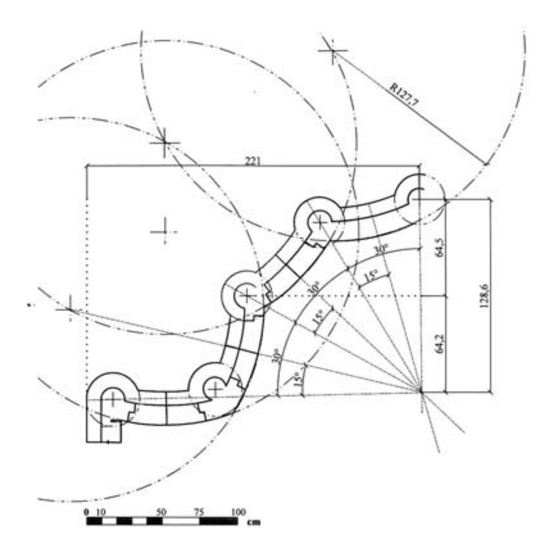


Figura 4
Devolución gráfica completa de la mitad izquierda del dibujo, grabado sobre piedra, en la contrafachada de la Parroquia de Santa María en Arezzo, como tenía que ser originariamente, con indicaciones relativas a las medidas dimensionales y trazados constructivos

La porción izquierda del proyecto se ha equipado con una serie de grabados internos que dividen la composición en un número igual de porciones, que pueden referirse a elementos lapídeos individuales que tenían que constituir el conjunto. En las mismas se habrían recortado los perfiles patrones que habrían tenido que utilizar los picapedreros para la realización de las varias partes que constituyen la obra real.

Sobre el interesante grabado de Arezzo quien escribe está realizando un análisis profundo. En el estado presente del estudio, se puede suponer que el dibujo pueda datar del siglo XIV y haber sido trazado como plano de referencia, con hasta los elementos lapídeos individuales que lo constituyen, para una decoración arquitectónica realizada en piedra para corte, funcional a las celebraciones litúrgicas de la iglesia, que pero ya no aparece realmente presente en el edificio, tal vez porque puede haber sido considerado obsoleto con ocasión de una de las muchas reestructuraciones y restauraciones posmedievales sufridas por la parroquia.[8]

En la misma parroquia de Santa María, además del dibujo en contrafachada se ha identificado otro grabado, de dimensiones mucho más reducidas, tanto que se encuentra en el interior de un sillar de la mampostería del ángulo izquierdo de la puerta monumental lateral izquierda de la fachada. Después de un primer examen, parecería ser la representación reducida de un plano de pilar cuadrilobulado. En la parroquia, un plano del mismo tipo se ha utilizado para los pilares del arco triunfal, a la cuota levantada del presbiterio.

El dibujo en el pavimento de piedra de la iglesia de San Salvador de Campi, cerca de Norcia (Perusa)

Los grabados en el pavimento de la iglesia de San Salvador de Campi representan un texto dibujado de gran interés, tanto para la reconstrucción de la obra virtual que se habría tenido que preparar para la construcción de la estructura del campanario, como para las reglas geométricas y proporcionales que regulaban su proyecto y que, de forma reducida y parcial (el campanario resulta incompleto porque fue

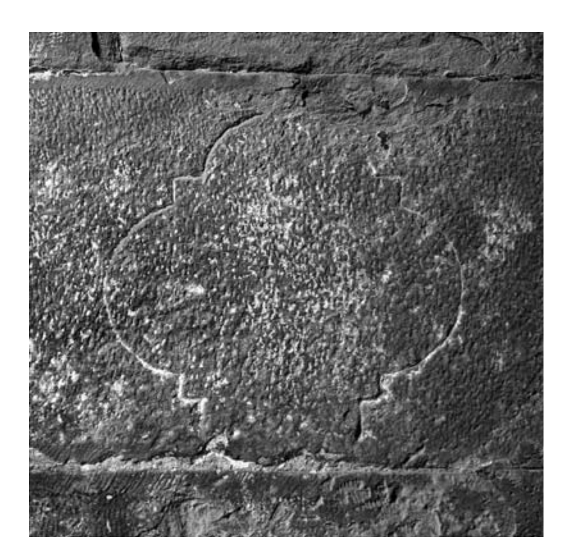


Figura 5
Grabado en un sillar de piedra en el interior de la puerta monumental izquierda de la fachada de la Parroquia de Santa María en Arezzo

destruido a causa de un terremoto en 1859), constituyen la configuración actual del campanario mismo.[9]

Los signos se han grabado en las lastras del pavimento del siglo XVI de la nave derecha de la iglesia y se han remarcado con polvo de plomo. El edificio eclesiástico, ubicado poco fuera del poblado de Campi, tiene una estructura de dos naves, ejemplo de construcción religiosa medieval en el valle Castoriano, cerca del Valnerina, presenta un pavimento de lastras de piedra caliza local con fecha grabada 1528, presente en el umbral en la entrada de la nave misma. El dibujo grabado representa, en escala 1:1, el proyecto de la terminación del campanario de la iglesia misma, en plano y en elevación, con la indicación también de los trazados y de los procedimientos geométricos utilizados para elaborar todas las partes del proyecto. Estas finalidades, de carácter general y conjunto de detalle, parecen estar presentes en el dibujo grabado y son demostradas por la presencia contemporánea, a lado de la descripción de la estructura general, de los signos para la construcción geométrica, por ejemplo, de detalles arquitectónicos como los *crochés* que habrían tenido que decorar los frontones triangulares de la cobertura del campanario.

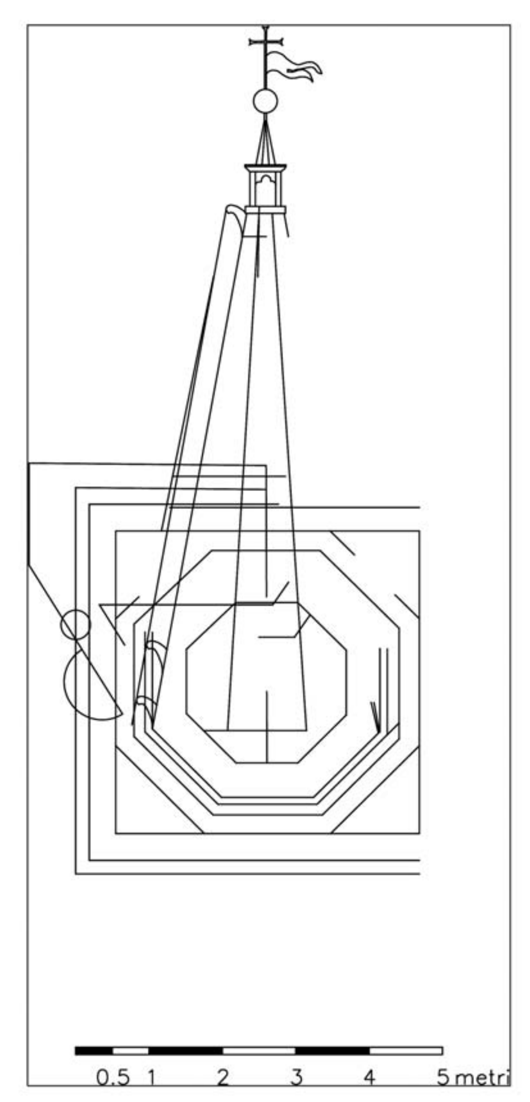


Figura 6
Levantamiento gráfico del dibujo grabado en el pavimento de piedra de la iglesia de San Salvador de Campi cerca de Norcia (levantamiento de Daniela Esposito)

El dibujo grabado, indica, abajo, en su base, las dimensiones y la configuración de mitad de la base cuadrangular del campanario mismo. En esta base se habría debido, según el proyecto, levantar la terminación sobre base cuadrada y con un volumen octagonal,

como se describe en plano y en elevación en el grabado. En el interior de la estructura octagonal, otros cinco octágonos coaxiales, concéntricos y en progresiva reducción dimensional, representan puntos significativos para la construcción de la cúspide. Confirmando esta construcción, dos líneas oblicuas, correspondientes al perímetro de la cúspide en elevación y a la salida de un *croché*, salen justamente desde los octágonos más grandes de los cinco concéntricos. Por lo tanto, el más externo delimitaba la salida de los *crochés* que decoraban los tímpanos de la aguja y los otro cuatro definían el ahusamiento de la misma.

Por lo que se refiere a los *crochés*, éstos se delinean en número y ubicación tales de definir claramente y de forma inequivocable su posición y así también su configuración.[10] Dos de estos elementos se han dibujado en la base inferior de la cúspide, de forma de fijar la distancia regular y recíproca; un tercero se ha grabado en la cumbre de la cúspide, tanto de indicar el punto límite superior de la posición del último *croché*. Justamente por estos elementos decorativos de la cúspide del campanario aparece confirmada la hipótesis de que los dibujos grabados en el pavimento hayan sido también funcionales al corte futuro de las piedras para la realización de los mismos *crochés*. De hecho, después de esbozadas, las piedras fueron cortadas según un perfil más acabado, en base a modelos que, en este caso, se habían grabado en el pavimento. La confirmación de estos procedimientos puede deducirse de los *crochés* conservados en el espacio situado debajo del iconostasio, recogidos después del derrumbe causado por el sismo de 1859. Se trata de elementos que retoman el perfil de los *crochés* grabados.

El grabado constituye el proyecto tanto de las partes estructurales, como de las partes decorativas del campanario del siglo XVI e incluye también algunos instrumentos para la realización concreta de los elementos de la construcción.

Por lo tanto, se trata de un dibujo de obra, que a partir del proyecto de conjunto da indicaciones de detalle para la producción de la pieza individual.

Justamente en base al dibujo grabado y al hallazgo de un sillar elaborado y destinado a ser colocado a formar el marco de una ventana abierta en el nivel de un piso del campanario, en la base de la cúspide y arriba del que existe hoy, se ha deducido la altura efectiva del campanario antes del derrumbe por el sismo del siglo XIX (Docci, Gurgone 1998, 30-31).

Notas

1. La presente contribución no quiere ser nada más que una primera comunicación sintética acerca del hallazgo y del levantamiento inicial y la investigación compendiada de una serie de dibujos arquitectónicos grabados sobre piedra y enlucido con fines de proyecto, que principalmente se refieren a la época del tardo medioevo, en el área Umbría-Toscana-Lacio, que resultan completamente inéditos; mientras tanto se está realizando, por parte de los mismos autores del presente ensayo, un estudio más amplio y orgánico para una próxima publicación monográfica sobre el argumento. Los dibujos grabados de Tuscania, Piancastagnaio y Arezzo han sido identificados por Renzo Chiovelli, que ha curado el levantamiento con Marina Anna Laura Mengali, que ha realizado el levantamiento gráfico y las investigaciones proporcionales. En detalle, los textos del presente ensayo han sido redactados por R. Chiovelli por lo que se refiere a los párrafos relativos a la introducción sobre las *Figuras y formas de proyecto nuevo en la obra arquitectónica del tardo medioevo en Toscana-Umbría-Lacio* y los dibujos relativos a la iglesia de *San Pedro en Tuscania* y a la Parroquia de *Santa María en Arezzo*; por M. A. L. Mengali para el dibujo sobre enlucido del *Peñón de Piancastagnaio*; por D. Esposito para el dibujo extendido de la iglesia de *San Salvador de Campi*. Este último es el único grabado, entre los que se presentan en este ensayo, que ya es conocido y publicado (Docci, Gurgone, 1998).
2. Victor Mortet (1906, 267-268) menciona la parte del texto del sermón de Nicolás de Biard relativo a la figura del arquitecto, después de que éste había sido publicado por primera vez por M. G. Paris en 1889. El mismo Mortier (1911) ha sido el autor de las primeras investigaciones monumentales sobre las fuentes documentales relativas a los autores y los acontecimientos de la obra arquitectónica francesa desde el siglo XI al siglo XII, que fueron continuadas junto a Paul Deschampas (1929), hasta el siglo XIII. A las investigaciones sobre los protagonistas de la obra de construcción medieval, conducidas sucesivamente también en otros países europeos, se acompañaron, desde las primeras décadas del siglo XX, estudios relativos a la organización real de la obra, con una mayor preferencia, a partir de la década de los sesenta y sobre todo de la década sucesiva, hacia los aspectos sociológicos relativos al trabajo en la construcción. Estas obras relativas a la organización de la obra, de que Chiovelli (2007, 5-23) da un excursus histórico en la introducción de su volumen sobre las técnicas constructivas medievales (a que hay que referirse para las referencias bibliográficas de los

autores mencionados en esta nota), tratan en varios casos el tema de la figura del arquitecto y de la maduración de su función profesional en época medieval, como es posible detectar, a partir de la década de los cincuenta, en la investigación sistemática de Salzman (1952) con respecto al territorio inglés, investigado hasta el año 1540, y en las inscripciones de Harvey (1954, 1971, 1972) que, después de haber publicado un diccionario biográfico de los arquitectos y de la mano de obra de construcción que operó en Inglaterra entre 1020 y 1558, ilustra los procesos formativos según los cuales los mismos eran educados, con sus métodos de proyecto, hasta el nacimiento del profesionalismo en el sector. Durante la misma década de los Cincuenta, Jean Gimpel, alabando la continuidad de los estudios sobre el argumento realizados en Inglaterra, lamentaba, en cambio, la parada que habían sufrido en Francia, con la excepción de la obra de Du Colombier (1953). Así, el mismo Gimpel ([1958] 1980), inauguraba, después de un breve escrito de 1956, la temporada de los estudios franceses sobre el argumento, publicando una obra en que el interés histórico para la construcción de las catedrales francesas se enriquece de los análisis conducidos sobre los trabajadores de las obras y, en concreto, sobre los arquitectos y los ingenieros y sobre su evolución profesional. A partir de la década de los sesenta, Dieter Kimpel empieza a ocuparse del rol que la economía ha tenido en las innovaciones de la obra de construcción en el medioevo, con contribuciones específicas relativas a la figura renovada del arquitecto (1986, 1989), y en la misma década empiezan a comparecer varios escritos interesados al aspecto sociológico (Warnke, 1976), siguiendo lo que había propuesto, en sentido más general Georges Duby a mediados de la década de los sesenta. El panorama sobre el trabajo del arquitecto medieval se enriquece, a partir de la década de los ochenta, con temas socioecológicos gracias a la obra de Bechmann ([1981] 1991). El siglo XX termina con las varias contribuciones sobre el tema presentadas en la obra colectiva cuidada por Recht (1989), quien se ocupa del argumento en varios escritos, y con los estudios de Erlande-Brandenburg (1989, [1993] 1995), donde regresan los temas relativos a la evolución de la figura del arquitecto y de sus métodos de trabajo. En Italia, el tema del desarrollo de la figura profesional del arquitecto en época medieval ha sido tratado, entre otros, por Vagnetti ([1973] 1980), Bozzoni (1991) y, en varios escritos, por Tosco (1997, 2003).

3. Los dos grandes dibujos sobre pergamino para la fachada de la catedral de Orvieto, conservados en la Obra de la catedral de la ciudad de Umbría, resultan ser los dibujos arquitectónicos más antiguos de este género que se conservan en Italia. El que adhiere más a la realidad de la fachada construida y que presenta elementos de estilos que se refieren al ámbito artístico de Nicola y Giovanni Pisano se tendría que asignar efectivamente a Maitani, en un período de poco anterior a 1320 (Ascani 1997, 78-81).
4. Contactos con la cultura artística y, en el caso específico, arquitectónica de derivación francesa son ampliamente documentables, en la época del siglo XIII, en el ámbito territorial del área Toscana-Umbría-Lacio, donde a menudo trabajadores transalpinos tuvieron que trabajar en contacto estrecho con los trabajadores locales. Véase, por ejemplo, para el área examinada y por lo que se refiere a la influencia ejercida en Italia por la orden de los cistercienses en la difusión del estilo gótico, el caso, sintetizado y reinterpretado a la luz de nuevas observaciones por Chiovelli, Curreli (2011), de la iglesia de la Abadía de San Martín al Cimino, cerca de Viterbo, donde, al haberse asentado a comienzos del siglo XIII unos monjes procedentes de Pontigny, se ha supuesto varias veces esta colaboración; o bien el mucho más conocido y debatido caso de las vidrieras y de los frescos del llamado «Maestro Ultramontano» o *Gotische Werkstatt*, en la obra de Asís de la basílica de San Francisco (de que se ha reasumido el estado de la cuestión en Romano 1984, 122-140), en que se encuentran influencias de ejemplos franceses que se refieren a los años iniciales de la VII década del siglo XIII, suponiendo colaboraciones con autores italianos, especialmente romanos y de Umbría, que habrían continuado la obra.
5. Para un análisis general sobre el dibujo de arquitectura en la época medieval, véanse Schöller (1989a), Schöller (1989b), Müller (1989) y Ascani (1994), y especialmente para los dibujos italianos Ascani (1989), Ascani (1997) y Borgherini (2001).
6. La sola imagen fotográfica y la colocación gráfica en planimetría de los grabados de Tuscania han sido presentadas, por primera vez, por Chiovelli (2007, 51, 88), que hay que consultar para las formas de los grabados, y además para la cronología de las formas constructivas y las referencias bibliográficas relativas a la iglesia de San Pedro.
7. Los ejemplos estudiados de arcos ojivales, en el ámbito de la arquitectura medieval centroeuropea, y el análisis de los dibujos contenidos en el bloc de notas de Villard de Honecourt, han permitido suponer unos esquemas de construcción geométrica basados en la división del eje horizontal en un número de segmentos iguales variables entre tres y ocho (Müller 1989, 246-247; Bechmann [1981]1991, 208-209).
8. Para un análisis de las transformaciones sufridas por la parroquia de Arezzo, véanse Funghini (1875), Ristori (1928) y Mercantini (1982).

9. El tema en cuestión ha sido objeto de estudio y publicación por parte de Docci y Gurgone (1998, 21-32). Sobre el efecto destructivo del terremoto de 1859 y sobre el derrumbe consiguiente del campanario del siglo XVI de la iglesia, referirse a las noticias de Sordini (1910).
10. Sobre el uso del *croché* referirse a Carbonara (1983-1987, 93-98).

Lista de referencias

Ambrosi, Angelo. 1990. Testimonianze sul tracciamento degli archi medievali in Terra di Bari e Capitanata. En *Il modo di costruire. Atti del I Seminario internazionale*, Roma 6-8 junio 1988, editado por M. Casciato, S. Mornati e C. P. Scavizzi, 79-96. Roma: Edilstampa.

Ascani, Valerio. 1989. Le dessin d'architecture médiéval en Italie. En *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, editado por R. Recht, 255-277. Strasbourg: Les Musées de la Ville de Strasbourg.

Ascani, Valerio. 1994. *Ad vocem* Disegno architettonico. En *Enciclopedia dell'arte medievale*. Vol. V, 668-677. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Ascani, Valerio. 1997. *Il Trecento disegnato. Le basi progettuali dell'architettura gotica in Italia*. Roma: Viella.

Bechmann, Roland. [1981] 1991. *Le radici delle cattedrali. L'architettura gotica espressione delle condizioni dell'ambiente*. 3ª ed. Milano: Mondadori; 1984. 1ª ed. ital. Casale Monferrato: Manetti; Ed. orig. *Les racines des cathédrales*. Paris: Payot.

Borgherini, Malvina. *Disegno e progetto nel cantiere medievale. Esempi toscani del XIV secolo*. Venezia: Marsilio.

Braunfels, Wolfgang. [1953] 1982. *Mittelalterliche Stadtbaukunst in der Toskana*. 5ª ed. Berlin: Mann; ed. orig. Berlin: Gebr. Mann.

Carbonara, Giovanni. 1983-1987. Considerazioni su alcuni impieghi del «crochet» e della «contre-courbe» nell'Italia centrale. *Quaderni dell'Istituto di Storia dell'Architettura*, *Saggi in onore di Guglielmo de Angelis d'Ossat*, n.s., 1-10; 93-98.

Chiovelli, Renzo. 2007. *Tecniche costruttive murarie medievali. La Tuscia*. Roma: «L'Erma» di Bretschneider.

Chiovelli, Renzo; Curreli Angela Maria. 2011. La chiesa abbaziale di San Martino al Cimino: una nuova lettura architettonica. En *La chiesa abbaziale di San Martino al Cimino e il Museo dell'Abate*, editado por G. Capriotti e M. I. Catalano. Viterbo: Agnesotti.

Docci, Mario; Gurgone, Antonino. 1988. Progetti di pietra. *Disegnare*, 15; 21-32.

Funghini, Vincenzo. 1875. *Restauri dell'antico tempio della Pieve di Arezzo*. Arezzo: Tip. B. Pichi.

Gabbrielli, Fabio. 2002. Gli archi senesi tra *forma* e *ratio*. *La Diana (Annuario della Scuola di Specializzazione in Archeologia e Storia dell'Arte dell'Università di Siena)*, III-V, 1997-1999; 103-119.

Gabbrielli, Fabio. 2010. *Siena medievale. L'architettura civile*. Siena: Fondazione Monte dei Paschi di Siena.

Guasti, Cesare. [1887] 1974. *Santa Maria del Fiore. La costruzione della chiesa e del campanile secondo i documenti tratti dall'archivio dell'Opera Secolare e da quello di Stato*. Firenze: Tip. M. Ricci; Facs. ed. Bologna: A. Forni.

Mercantini, Maria. 1982. *La Pieve di S. Maria ad Arezzo. Tumultuose vicende di un restauro ottocentesco*. Arezzo: s.n.

Müller, Wermer. 1989. Le dessin technique à l'époque gothique. En *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, editado por R. Recht, 236-254. Strasbourg: Les Musées de la Ville de Strasbourg.

Oertel, Robert. 1940. Wandmalerei und Zeichnung in Italien. Die Anfänge der Entwurfszeichnungen und ihre monumentalen Vorstufen. *Mitteilungen des deutschen Kunsthistorischen Instituts in Florenz*, 5; 258-270.

Pächt, Otto; Alexander, Jonathan James Graham. 1973. *Illuminated manuscripts in the Bodleian Library. Oxford - 3: British, Irish and Icelandic schools*. Oxford: Clarendon.

Ristori, Giovanni Battista. 1928. *Diario dei restauri del Tempio di S. Maria della Pieve, eseguiti dall'anno 1864 all'anno 1878*. Arezzo: Scuola Tip. Aretina.

Romano, Serena. 1984. Pittura ad Assisi 1260-1280. Lo stato degli studi. *Arte medievale. Periodico internazionale di critica dell'arte medievale*, 2; 109-140.

Schmarsow, August. 1928. *Ramo di Paganello. Il primo progetto per la facciata del duomo di Orvieto e i rilievi dei quattro piloni*. Siena: presso l'officina tipografica ex combattenti.

Schöller, Wolfgang. 1989a. Le dessin d'architecture a l'époque gothique. En *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, editado por R. Recht, 226-235. Strasbourg: Les Musées de la Ville de Strasbourg.

Schöller, Wolfgang. 1989b. Ritzzeichnungen. Ein Beitrag zur Geschichte der Architekturzeichnung im Mittelalter. *Architectura*, 19; 36-61.

Sordini Giuseppe. 1910. *Gli Sparapane di Norcia: nuovi dipinti e nuovi documenti*. Roma: Calzoni.

Torres y murallas de la segunda albacara del castillo de Cullera

José Manuel Climent Simón
Enrique Gandía Álvarez
María Isabel Giner García

La Montaña de Cullera, forma parte de los relieves más meridionales del Sistema Ibérico. Es una elevación montañosa que emerge del centro de la llanura aluvial holocena del río Júcar, constituyéndose en un referente visual (figura 1) a kilómetros de distancia. Limita al norte con el lago de la Albufera, al este con el mar Mediterráneo, al sur con la desembocadura del río Júcar y al oeste con el marjal y los campos de arroz. Es al sur, donde alcanza su máxima altura, 233 m.s.n.m.

En esta elevación montañosa emergida desde la planicie aluvial, a modo de isla entre las aguas del río, el mar y los campos de arroz, se localizan la mayor parte de los elementos defensivos que posee la población. Estos sistemas defensivos van desde las cuevas y abrigos rocosos hasta un fortín y una muralla carlista, pasando por uno de los mayores complejos defensivos de la arquitectura andalusí de los siglos XII y XIII: el Castillo de Cullera con sus dos albacaras o recintos amurallados.

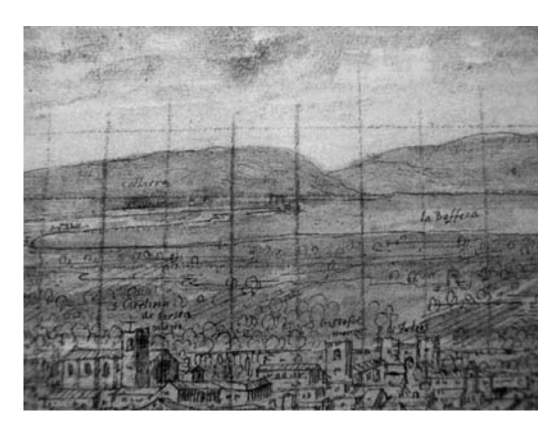


Figura 1
Detalle de la montaña de Cullera del dibujo *Vista de Valencia* de Wyngaerde de 1563 (Rosselló 1990)

El conjunto del Castillo de Cullera no sólo se compone de los elementos que forman la fortaleza, sino también de un doble recinto amurallado de disposición concéntrica —el Albacar Vell y el Albacar Segon— cuya función era triple: por un lado manifestar de forma más contundente la autoridad militar y política del Castillo de Cullera, que se ubicaba en la fortaleza propiamente dicha; por otro lado, poseer un espacio donde acumular efectivos militares para organizar la defensa del territorio; y, finalmente, defender a la población y a los animales que se refugiaban, sobre todo, en el Albacar Segon más próximo al núcleo urbano.

El Albacar Segon —inferior—, así llamado en alguna documentación del siglo XVI (Vercher 2005), recibía este nombre para diferenciarlo del Primer Albacar o albacara superior. Albacara, etimológicamente, proviene del árabe *al-baqqâra*, la vaquería, y el Diccionario de la RAE lo define como un «recinto murado en la parte exterior de una fortaleza, con la entrada en la plaza y salida al campo, y en la cual se solía guardar ganado vacuno». Hoy se conocen las albacaras como aquellos recintos cercados que servían para refugio de la población y el ganado en los pe-

ríodos de peligro, es decir, era un refugio temporal si bien, con el tiempo, algunas albacaras evolucionaron hacia recintos permanentes donde se establecía un poblado. Esta es la descripción que hace A. Piles, a finales del siglo XIX, del recinto de la albacara del Castillo de Cullera:

> Formaban parte del castillo moro: la torre llamada de la Reina Mora hasta 1631, que hoy tiene el nombre de Santa Ana, por la cual se comunicaba la plaza con la fortaleza; desde la mencionada torre salía un camino resguardado de alto muro construido al borde del cinto inmediato al arrabal del Mar, con algunas torres de corto en corto trecho; el camino terminaba en la Miranda (sitio para atalayar o mirar), en la cual estaba el segundo recinto del castillo, del cual se conservan dos altas torres de forma prismática rectangular, como la de Santa Ana, y algunos lienzos de consistente muralla de granito; el segundo recinto estaba en comunicación con el principal por medio de la senda que llegaba hasta el castillo hasta que se construyó el actual camino; del recinto principal quedan restos de muro y una torre prismática octogonal, desmoronada en su parte superior; el recinto principal y la torre de entrada a la fortaleza, estaban unidos por una pared no tan resistente como los otros muros, a causa de presentar por sí una buena defensa natural el terreno sobre la que descansaba. (Piles 1893, 136-137)

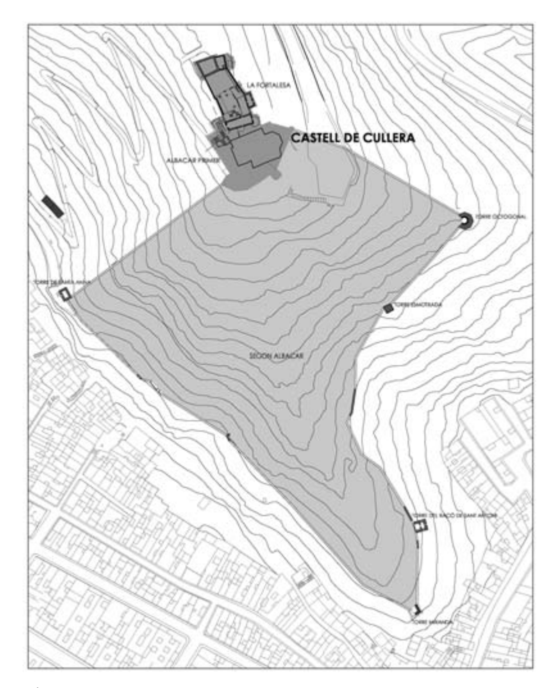


Figura 2
Plano de situación y localización de los recintos y estructuras del Castillo de Cullera (Climent 2005)

Desde el punto de vista crono-espacial, se puede asumir la evolución general de estas estructuras militares dentro del panorama político general del *Sharq al-Andalus,* y hay que situarla dentro de la evolución particular del poblamiento islámico del *Hisn Qulayra*, aunque como se ha podido constatar arqueológicamente se desarrollaría entre la época taifa y el periodo almohade.

La segunda albacara se ubica en la vertiente sudeste de la montaña, oscilando su altitud entre unos 90 y 50 m. s. n m. Los restos de esta estructura defensiva forman parte de la fortaleza del Castillo de Cullera, constituyendo un recinto amurallado jalonado por distintas torres que se desarrolla en la falda del monte, con un perímetro aproximado de 850 m. y una superficie entorno a 3,35 ha.. En el conjunto de esta segunda albacara (figura 2), destacan sus torres, que poseen tipologías y características intrínsecas propias, otorgándole un carácter defensivo singular, ya que se situaban en los flancos y puntos estratégicos para mejorar la defensa*,* o limitar la accesibilidad al recinto acotado. Las torres que se conocen en la actualidad son*,* de este a oeste: Torre Octogonal, Torre Desmochada, Torre de la Salut o del Racó de Sant Antoni, Torre Miranda, y Torre de la Reina Mora o de Santa Ana*.*

Arquitectura militar en territorio de frontera

El Castillo de Cullera, el *Hisn Qulayra* de las fuentes árabes, fue en origen un castillo principalmente para la defensa y vigilancia de las costas y la desembocadura del río Júcar, al ser un río navegable hasta Alzira —*al-Ghezira*— y vía de salida de la madera de la serranía de Cuenca para las atarazanas de Dénia y para la actividad de la construcción en Valencia. En esta época está supeditado a los intereses estratégicos estatales del califato, con escasa población campesina asentada en su término. Será a partir de época taifa —durante el siglo XI— cuando también empezará a asumir el papel de castillo-refugio de la población de las alquerías y rafales del término, aunque sin dejar de perder el papel de defensa de frontera y control estratégico.

Posteriormente, en época almorávide y almohade, con la creciente presión, las razias y los ataques de los reinos cristianos feudales del norte —ataques de Alfonso I «El Batallador» en 1125; la donación, por Ramón Berenguer IV, de los castillos de Cullera y Corbera a la Orden de San Juan del Hospital en 1157; y las razias de Alfonso II «El Casto» en 1173 y 1177—, unido al aumento de la población del término del Castillo de Cullera, con la creación de un pequeño arrabal a los pies de la montaña, se hará necesaria la construcción de nuevas estructuras defensivas para cobijar a la población en caso de ataque. Será en estos momentos cuando se construirá el segundo recinto amurallado o albacara inferior. La actividad constructiva y de mejora de las defensas es la política típica y habitual en las fases almorávide y almohade en esta zona de *Sharq al-Andalus* (Azuar 1988).

La documentación escrita es escasa para este tipo de estructuras. De hecho, la mención más antigua que se conoce de esta albacara inferior y de sus puertas de acceso, defendidas por torres, para refugio de la población y ganado, se recoge en la *Crònica de Jaume I o Llibre dels Feyts*, donde se narra el intento, en el año 1235, del monarca por conquistar Cullera:

> E, quan nós fom a Cullera, albergam sus denant la vila entre Xúquer e el castell de Cullera: e lla ins foren-se meses tots los sarraïns de les alqueries, e les vaques, e els àsens, e les cabres: e tota aquella costa que és dejús lo castell tro a la torre, que es baixa, en què prenien l'aigua, era tot ple de sarraïns, e de sarraïnes, e d'infants, e de bèsties (*Llibre dels Feyts* cap. 192).

Los hallazgos fortuitos en el ámbito inmediato de Castillo (ladera de la montaña SW y NW), nos hablan de una ocupación ibérica (al menos desde el S. IV a. C) y romana, en el espacio físico que, siglos después, se convertiría en albacara. Ocupación que, con alguna discontinuidad temporal y espacial, seguiría activa durante la época islámica, al menos a partir del siglo XI, periodo en el que se detectan los primeros indicios de fortificación. Por lo que, se puede inferir la importancia estratégica de este enclave geográfico desde la antigüedad. Importancia que se hace patente por la defensa intensa a la que se ve sometido este espacio durante la época islámica.

Sobre las primeras fortificaciones se construiría la gran albacara del Castillo de Cullera, tal y como se puede contemplar hoy, siendo posteriormente reforzada bajo dominio almohade —con técnicas y modelos propios— ejerciendo un papel fundamental en el control territorial, la defensa de los intereses políticos, la defensa de la población y el lucrativo comercio fluvial-marítimo, hasta su abandono tras la conquista cristiana de Cullera por parte del rey Jaime I a mediados del siglo XIII.

Las campañas de excavación arqueológica han permitido detectar hasta tres momentos de fortificación, de los cuales el mejor conocido, pero a su vez el más tardío, es el de la construcción de la Segunda Albacara. En ese sentido, se confirman las tesis de destacados medievalistas (Azuar 1998; Roselló 1990) en las que el momento de mayor esfuerzo constructivo para la defensa hay que situarlo entre los siglos XII y XIII, coincidiendo con la acuciante presión de los reinos cristianos hacía el sur. La posición estratégica y comercial que ocupa Cullera la hace merecedora de una gran albacara que defienda, no sólo la población rural dispersa por los rafales, sino los intereses político-administrativos del dominio almohade y permita el refugio e, incluso, el asentamiento de la población de los musulmanes de *Qulayra* en el interior de su gran recinto amurallado.

Hallazgos arqueológicos y sus aportaciones a la historia de su construcción

Torre Octogonal

Situada en el extremo más oriental del recinto del Albacar Segon y de la montaña. De todas las torres de este recinto inferior, es la que se encuentra dispuesta en el punto más alto, suponiéndose por ello que era la que conectaba a través de un último tramo de muralla (figura 3).

Se trata de la única torre del Albacar de planta no cuadrangular o rectangular, presenta una planta octogonal, muy característica de la arquitectura Almohade. De entre todo el conjunto de torres y murallas del *Hins Colirat*, destaca por su singularidad y monumentalidad, cuya planta poligonal la hace única entre un conjunto defensivo bastante homogéneo. Aunque en la actualidad se puede afirmar la existencia del Castillo de Cullera al menos desde época califal (Roselló 2006), la Torre Octogonal se asocia al momento de remodelación de las defensas y la construcción de



Figura 3
Imagen de la Torre Octogonal y lienzo de muralla del Albacar Segon hacia 1928 (Asociación Fotográfica La Penyeta de Cullera, publicada por el Ayuntamiento de Cullera)

la gran albacara o *Albacar Segon* durante el siglo XII, coincidiendo con el mayor auge constructivo de defensas militares emprendido por el estado almohade en todo *al-Andalus*. Realizada con tapial de argamasa y mampuesto en las zonas bajas y tapial de tierra calicostrado en las partes altas.

La torre presenta dos cuerpos, uno interior de trazado circular levantada con fábrica de mampostería, abrazado por otro exterior de mayor espesor ejecutado con tapial de tierra o mampuestos. De geometría facetada presenta seis caras al exterior. La torre externa, en su base, comienza con hiladas de tapial donde predomina el mampuesto sobre el árido fino, probablemente para evitar el ascenso de la humedad por capilaridad y dotarla de mayor resistencia, manifestándose al exterior por la diferencia de textura y degradación, mayor en estas tapias de piedra.

Para resolver el encuentro de hiladas de tapias horizontales con el terreno en desnivel se recurre, como es habitual en este tipo de construcciones, a levantar con fábrica de mampostería la base horizontal sobre la que asentar las tapias. En la zona más baja de la torre, donde el desnivel es más acusado, esta base de arranque se refuerza con la construcción de un podio escalonado en dos niveles, realizado con mampostería tomada con mortero de cal.

Todas las caras de tapial de la torre marcan una separación pequeña entre agujas de 30-35 cm. Esto es debido a la imposibilidad de encofrar la tapia por ambas caras y requerir multiplicar el número de agujas que den soporte a los tablones del encofrado al exterior, ya que al interior se utiliza la torre circular existente como encofrado perdido. Las hiladas de tapial son irregulares, varían de 75-84 cm de altura.

El orden y modo de compactación de las tapias se manifiesta en las esquinas, observándose la formación de unos pequeños taludes a ambos lados del vértice entre dos caras contiguas de la torre, dando a entender que se comenzaba compactando la esquina con una composición más resistente formada por mampuestos, ripios y argamasa de cal, para proseguir rellenando el resto de tapia, obteniéndose como resultado una arista bien perfilada y sin traba, lo que indica que tal vez se encofró y ejecutó cada nivel de tapia de una sola vez, sin juntas verticales apreciables.

Las caras exteriores de la torre son 6, con una dimensión en la base que ronda los 4,30 m., salvo una de las caras que conectan con la muralla, de una dimensión algo mayor. Los espesores de sendas torres son: para la torre interior circular de 68-72 cm., y para la torre exterior facetada de 2,50-2,90 m. El diámetro interior de la torre se estima en unos 3,80 m.

Dado el alto grado de degradación no ha sido imposible precisar la existencia de un almenado en el remate de los lienzos. En la zona que más desarrollo en altura presenta la torre se distinguen hasta doce niveles de tapia reconocibles, más los niveles arruinados de coronación nos hacen considerar una altura máxima de la torre respecto el podio de apoyo entorno a los 12,00 metros. La coronación de los restos de la torre, se marcaba con un espesor de unos 35 cm. de mortero de cal con mampuestos y ripios, correspondiéndose con el pavimento del paso de ronda de la guardia.

El forro poligonal de la primitiva torre circular que reforzaba la muralla del Segon Albacar se realiza con la técnica del tapial, encontrando dos tipos que se corresponden con su situación, de forma que se utiliza en la masa de las partes inferiores la mampostería trabada con argamasa como parte fundamental del relleno, mientras que en las zonas superiores se realizó con el tipo denominado tapial de tierra calicostrado, realizado mediante compactado de capas de tierra humedecida de unos 7 cm. de espesor una vez compactadas, presentando la superficie acabada un acabado de argamasa de cal.

Esta secuencia constructiva probablemente persiga conseguir mayor resistencia de las zonas bajas y evitar el ascenso de la humedad por capilaridad, y es

una constante en la mayoría de las construcciones de carácter defensivo en dicho periodo. La realización de dicha construcción precisaba de un encofrado que debía adaptarse a la forma poligonal de la planta, formando ángulos de 45º, a lo que hay que añadir el derrame vertical que presentan los lienzos de aproximadamente el 2%.

El actual estado de los restos ha permitido descubrir indicios que permiten elaborar una hipótesis del proceso constructivo con una técnica, la del tapial, más propia de construcciones con ángulos rectos, aunque existen cercanos ejemplos en Alzira y Xàtiva de torres de planta circular levantadas con dicha técnica.

El proceso de una hilada de tapia sería el siguiente: sobre la hilada acabada se levantan las esquinas de la nueva hilada con fábrica de mampostería tomada con argamasa de cal, formando las dos caras de la esquina y adquiriendo una forma piramidal, con la altura de la hilada (unos 80 cm). Con las esquinas resueltas a modo de maestras se colocan las tablas de encofrado formadas por 4 tablas de madera por hilada de tapial. Para ello se sigue el método tradicional de la construcción con tapial, es decir, sobre las agujas de madera se colocan los moldes formados por las tablas unidas por los costeros que se encajan en las agujas y sujetan el encofrado por la parte inferior del mismo. En este caso, al tratarse de un tapial realizado a una sola cara ya que la torre circular hace de encofrado perdido, y existir un importante espesor que supera los 2,5 m., se utiliza para fijar el tablero del tapial una soga atada a la parte superior del costero que se ata a una cuña de madera clavada en la masa de tapia de la hilada inferior. En el corte producido por los sucesivos derrumbes se ha podido reconocer la impronta de diferentes sogas (figura 4), así como la cuña clavada en la masa de tapia (figura 5).



Figura 4
Improntas en la tapia de la cuña clavada en la tongada inferior y la cuerda que fijaba las tablas del encofrado.

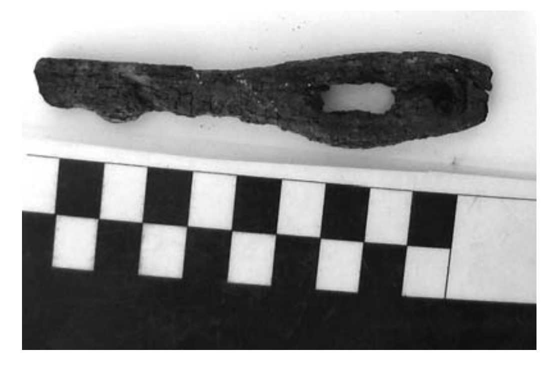


Figura 5
Cuña de madera encontrada durante las excavaciones arqueológicas

El resto de la fábrica del trasdosado de tapial responde a los dos sistemas de tapias antes citados, de piedra o también llamado mampostería encajonada en las primeras hiladas y el tradicional de tongadas de tierra compactadas con el pisón de madera y refuerzo de la cara exterior con argamasa de cal con la peculiar forma que adquiere al compactarse y que se puede ver en los cortes de los derrumbes.

Tras los hallazgos arqueológicos se puede concluir que la confluencia de la muralla con la torre circular sugiere la presencia de al menos tres programas constructivos: el primero en el que se construye una torre de planta circular, posiblemente exenta; el segundo en el que se le adosa, cortando parte del lienzo de la torre, el ángulo de la muralla, a la vez que se recrece y refuerza la torre circular; y por último, esta torre circular de mampostería es «forrada» —en un tercer momento— por la construcción de una nueva torre poligonal de tapia (figura 6), que aprovecha el propio muro de ésta como encofrado perdido para levantar la nueva construcción con mayor rapidez y más economía de medios.

Tipológicamente no responde al modelo de torre poligonal de nueva planta. En este caso, se trata de



Figura 6
Torre Octogonal durante la excavación arqueológica. Imagen representativa de las tres fases constructivas en las que fue ejecutada



Figura 7
Torre de la muralla de Cáceres, ejemplo notable de la extensión geográfica en la Península Ibérica de las torres octogonales del período Almohade

un forro de una construcción anterior formada por una torre de planta circular que resolvía la esquina del recinto del Segon Albacar. Este tipo de construcciones son propias de la época de dominio Almohade del *Sharq al-Andalus*, por lo que cronológicamente las situaremos en el s. XII. En dicho periodo se realizaron numerosas construcciones en las que proliferaron las plantas poligonales, normalmente octogonales, y en algún caso dodecagonales como el caso de la Torre del Oro de Sevilla. Su distribución geográfica en la Península Ibérica se concentra en tierras extremeñas y de Andalucía Occidental, con interesantísimos ejemplos. El uso de esta tipología también se puede observar en latitudes más septentrionales como son las existentes en el Castillo de Ayub en Calatayud.

Un rápido recorrido por tierras de Extremadura y Andalucía nos muestra ejemplos notables de torres poligonales levantadas en el periodo Almohade. En muchos casos se trata de torres albarranas, totalmente exentas y separadas de las murallas, a las cuales se unen por una estrecha coracha. Destacan las dos torres existentes en las esquinas meridionales del recinto fortificado de Cáceres (figura 7). Otro ejemplo lo encontramos en el recinto de Badajoz, la llamada Torre Espantaperros.

En los ejemplos de Cáceres y Badajoz se encuentran los lienzos decorados con fingidos de despieces de grandes sillares realizados con un fino revoco de cal que resalta apenas 1-2 cm. sobre los paños. Este tipo de decoraciones sobre elementos defensivos, también propias del momento almohade, tienen un carácter meramente decorativo y propagandístico. En la Torre Octogonal de Cullera no se conservan restos de estas decoraciones aunque si son frecuentes en otros ejemplos situados en tierras valencianas como son la Torre Bofilla en Bétera, la Torre de la Pileta en Cortes de Pallás (figura 8), la Torre de Sot de Chera, y en el Castillo de Alcalá de Xivert.

Por tanto, se puede afirmar que las fases constructivas precedentes son anteriores al siglo XII, y que esta torre fue reconstruida y adaptada al nuevo sistema defensivo durante la época almohade, en un proceso muy similar al que se ha podido detectar en la Torre Miranda y que se podría hacer extensivo a la propia fortaleza o alcazaba. Esta tesis refuta la cronología que se le suponía hasta ahora (Torres Balbás 1985) a la Torre Octogonal que la situaba entorno al siglo XI.



Figura 8
Torre del Castillo de la Pileta en Cortes de Pallás [Valencia]. Ejemplo de torre del período Almohade con restos de decoraciones simulando despieces de sillares



Figura 9
Vista de la Torre del Racó desde el suroeste

Torre del Racó de Sant Antoni o de la Salut

Torre (figura 9) situada en la ladera sureste del apéndice más meridional de la montaña de «Les Rabosses». Presenta una planta casi cuadrada de 6,50 3 7,30 m., y unos 15,50 m de altura máxima. Cimentada sobre la propia roca, presenta un primer nivel en forma de alambor de mampostería que regulariza el encuentro con el terreno. A partir de este nivel comienza el desarrollo vertical de la torre con un ligero derrame hacia el interior. Se pueden diferenciar tres niveles en su desarrollo vertical: una base maciza, un cuerpo abovedado, y una cubierta almenada.

Toda la torre se ejecuta con tapia de mampostería encajonada, únicamente los rellenos del nivel inferior, y sobre las bóvedas en la cubierta, se ejecutan con rellenos de tierra compactada y capas de cal. Las hiladas de tapial tienen una altura de 80-82 cm. siendo muy regulares en toda la altura.

Se reconocen tres huecos, dos en los lienzos norte y este, y un tercero se intuye en la cara sur del que se conserva una de las jambas. En la cara más oriental en coronación se aprecia bajo el nivel de tapial que correspondería con el almenado una abertura de un hueco que pudiera ser un paso hacia un cadalso de madera al exterior. Los grandes mechinales que se aprecian en el lienzo exterior en ese nivel refuerzan esta hipótesis.

El espacio interior habitable de la torre se encuentra partido en dos espacios paralelos a la cara oriental de la misma, cubiertos por sendas bóvedas de cañón apuntadas, apoyadas en una espina central de la que se conserva la traza en el suelo y el vano del paso entre las dos salas. La sala más oriental es la que presenta los huecos de fenestración a las tres caras exteriores al recinto, siendo la sala interior, la más occidental, la que daría acceso a la torre presumiblemente desde el paso de ronda de la muralla.

La cubierta presenta restos del pavimento de terraza formado por una gruesa cama de mortero de cal,

presentando pendiente única hacia la cara norte en la que se encuentran cuatro orificios algo mayores que el de la impronta de las agujas, correspondiéndose con los desagües de dicho nivel. También se aprecian los rellenos de los senos de las bóvedas, formados por tierra y ripio compactados. De igual modo, parece adivinarse el paso del acceso a la cubierta a través de un hueco ejecutado simultáneamente con las bóvedas. Se trata de bóvedas de mampostería dispuesta a modo de dovela trabada con argamasa de cal, y levantada sobre un encofrado de cañas, tal y como se desprende de la impronta dejada por este tras su retirada en las superficies vistas (figura 10). El cañizo se dispone perpendicular a la directriz de la bóveda, adquiriendo la forma curva, más bien poligonal, debido a que se apoya y ata en rollizos horizontales dispuestos transversales formando el plano de la bóveda.

Existe al norte un tramo de muralla en pie que muestra como se articulaban ambos elementos; la torre revela en el lienzo que acomete contra la muralla un saliente que tuvo que sobreponerse a la coronación de ésta como muestran los estudios gráficos realizados para la recuperación volumétrica de la Torre (figura 11), observándose también la falta de traba y la junta limpia entre ambos elementos, por lo que hace suponer que la fundación de la torre es posterior y se adosa a la muralla.

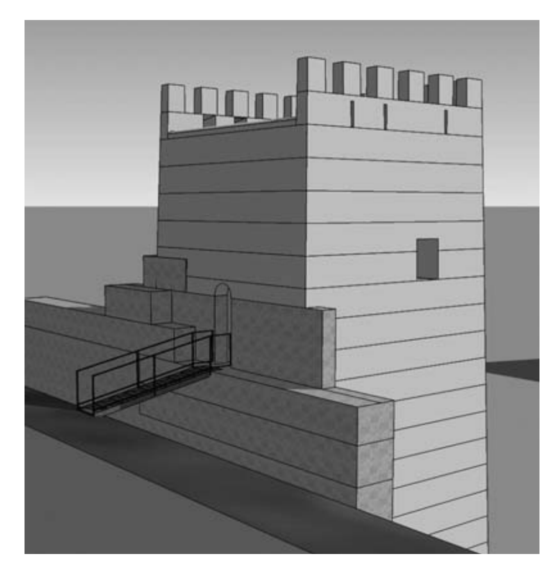


Figura 11
Estudios gráficos para la recuperación volumétrica de la Torre del Racó de Sant Antoni muestran el encabalgamiento de la torre sobre la muralla



Figura 10
Restos de la bóveda de cañón apuntada del espacio interior habitable de la torre, en la que se puede apreciar la técnica constructiva empleada

Esta es la única torre de las tres estudiadas que no se abre al dorso. Los estudios de arqueología parietal han permitido discernir que la muralla —como ocurre en el resto de torres— existía antes de la construcción de la torre, la cual se data entre el siglo XII y principios del siglo XIII. Se ha podido constatar cómo la Torre de la Salut se adosaba a la muralla preexistente, en un proceso que podríamos definir de «encabalgamiento» y adosado —similar al documentado en la Torre Blanca de la fortaleza cullerense—.

Torre Miranda

Situada en el extremo más meridional de la montaña (figura 12), es una torre de planta casi cuadrada, con unas dimensiones de 6,25 3 5,30 m., y un espesor de



Figura 12
Vista de la Torre Miranda desde el sureste en la que se aprecia el cuerpo del basamento y parte del cuerpo superior

muro de 1,25–1,40 m. En ella se distinguen: el cuerpo del basamento, parte del cuerpo superior, y el espacio interior de la misma de unas dimensiones aproximadas de 3,10 3 3,90 m.

El basamento se cimienta sobre la propia roca, adaptándose el plano de asiento a la pendiente de la ladera, de forma que la cara interior al recinto presenta el acceso al cuerpo de la torre a pie llano. En este basamento se distinguen dos tramos, el primero en contacto con la roca se configura con volúmenes formando alambores defensivos; planos con fuerte inclinación en las tres caras exteriores al recinto, ejecutado con una mezcla de argamasa de cal y mampuestos gruesos, con un acabado superficial con un revoco de cal fino. El segundo tramo del basamento es el cuerpo central del macizado inferior de la torre, constituido por varias hiladas de tapiales que encierran un volumen relleno de tierra y mampuestos hasta alcanzar el nivel de uso interior de la torre.

La estructura superior del cuerpo de la torre, está ejecutada con tapial de mampostería encajonada. Una junta de tapia en forma de saliente en la cara interior del lienzo mejor conservado, parece indicar la presencia de algún elemento horizontal o forjado, hipótesis reforzada por la impronta dejada en la esquina de la hilada inferior de lo que pudiera ser el apeo de un encofrado.

Los estudios parietales, así como la excavación de su interior (figura 13), han permitido la localización de una torre anterior, también de forma cuadrada. A pesar de encontrarse prácticamente oculta por la última fase constructiva, se han documentado sus paramentos externos e internos, así como restos de pavimento interior, y la irrupción de la muralla en ángulo que la uniría con la Torre de la Salut y la Torre de la Reina Mora o de Santa Ana. Toda esta situación cambió en un momento indeterminado del siglo XII en el que se reforzó esta estructura defensiva con la construcción de una nueva torre que, de nuevo, «forró» la preexistente y se adosó a la muralla. Al igual que la Torre Octogonal, esta torre se encontraba abierta en su dorso hacia el interior de la albacara.



Figura 13
Imagen durante las excavaciones arqueológicas

Conclusión

Los resultados ofrecidos por los estudios arqueológicos previos han permitido reconstruir la historia constructiva y cronológica de las torres defensivas de la Segunda Albacara del Castillo de Cullera, ponien-

do de manifiesto las relaciones sincrónicas y diacrónicas entre los diferentes elementos estudiados. Quizá el hecho, arquitectónicamente hablando, más relevante que se ha podido estudiar ha sido la localización de estructuras defensivas subyacentes. Es decir, la aparición de restos de torres defensivas anteriores a las actuales que, por motivos militares y políticos, acabaron enmascaradas por la última fase constructiva. Este hecho se ha detectado en al menos dos de las torres estudiadas —Torre Octogonal y Torre Miranda— pero no es un fenómeno extraño en Cullera, tal y como se documenta en algunas partes de la propia fortaleza cullerense (Roselló 2006).

Parecen vislumbrarse tres programas constructivos, todos a caballo entre los siglos XI y XII: una primera torre circular de mampostería, un recinto murario y un último reforzamiento de los puntos débiles y de las torres en mal estado. El primero se correspondería con la torre primitiva circular embuchada por la Octogonal, mientras que el segundo es todo el trazado de la muralla y, el tercero, las torres de Miranda, de la Salud y el forro facetado de la torre Octogonal, de tapia propiamente dicha. Esta secuencia constructiva sobre unos mismos elementos resalta la importancia de la localización y ubicación exacta de los mismos en un gran entorno montañoso, lo que remite sin duda al conocimiento pormenorizado y minucioso del ámbito físico en el que se construyeron.

Desde el punto de vista constructivo, se evidencia el uso generalizado de la tapia de mampostería encajonada, así como el de tapia de tierra compactada y calicostrado, en aquellas zonas de mayor relleno. Han sido hallazgos significativos las improntas y restos del sistema de encofrado utilizado no sólo para los tapiales a una cara, sino también para las bóvedas.

Lista de referencias

Anónimo 1550. *Libro Cuentas de propio*. Arxiu Municipal de Sueca.

Anónimo 1850. *Crónica del Rey de Aragón D. Pedro IV el Ceremonioso o del Punyalet*. Barcelona: ed. A. Bofarull.

Anónimo 1971. *Crònica o Llibre dels Feyts.* Barcelona: Edicions 62. Soldevilla, F. ed.

Arciniega García, L. 2003. *Sistemas de defensa en Cullera: Castillos, murallas y torres*. Cullera: Ajuntament de Cullera.

Azuar Ruiz, R. 1998. «Fortificaciones de taifas en el Sarq al-Andalus». En *Castillos y territorio en al-Andalus*. Berja: Jornadas de Arqueología Medieval, 116-140.

Climent Simón, J.M. 2005. *Actualización del Plan Director del Castillo de Cullera y su entorno*. Valencia: Consellería de Cultura i Educació de la Generalitat Valenciana.

Cotino, F.; Martínez, S. y Rosselló, M. 2005. «Nuevos datos sobre el urbanismo islámico y bajomedieval de Cullera». *Qulayra* 2: 55–86. Cullera: Ajuntament de Cullera.

De Villanueva, J. 1984. *Arte de Albañilería*. Edición preparada por A. L. Fernández Muñoz, Editora Nacional, 71-77 y lámina 3.

Font, F. y Hidalgo, P. 1990. *El Tapial, una tècnica constructiva mil.lenaria*. Castelló: Col.legi Oficial d'Aparelladors i arquitectes tècnics de Castelló.

Guichard, P. 2001. *Al-Andalus frente a la conquista cristiana*. Valencia: Universitat de València.

López Martínez, F.J. 1999. «Tapias y tapiales». *Logia* 8: 74-89.

Martínez Bou, S. 2009. *Informe final del seguimiento arqueológico de la Torre Octogonal del Albacar del Castillo de Cullera.* Nº Expediente: 2009/0228. Informe inédito. Valencia: Consellería de Cultura i Educació de la Generalitat Valenciana.

Martínez Rodríguez, A. 2011. «La alcazaba de Lorca en época almohade». *Tudmir* 2: 105-122.

Piles Ibars, A. 1893. *Historia de Cullera.* Cullera: Ajuntament de Cullera, 136-137

Rosselló, V.M. (dir.) 1990. *Les vistes valencianes d'Anthoine van den Wijngaerde [1563].* Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana, 363 p.

Roselló Mesquida, M. 2006. «Cerámicas emirales y califales de la Torre Celoquia y los orígenes del Castillo de Cullera». *Qulayra* 2: 7-34. Cullera: Museo d'història i arqueología de Cullera.

Torres Balbás, L. 1985. *Las ciudades hispanomusulmanas*. Instituto Hispano-Árabe de Cultura.

Vercher Lletí, S. 2005. «El Castell de Cullera a través dels memorials de l'any 1537». *Qulayra* 1. Cullera: Museo d'història i arqueología de Cullera.

El Palacio Arzobispal de Valencia: hipótesis de una historia constructiva

Luis Cortés Meseguer
Jordi Salvat Calvo
Emilio Labastida Martínez

Muchas veces los estudios y trabajos de investigación, que tan laboriosos resultan y que tanto se dilatan en el tiempo se realizan tras pequeños estudios como éste. La intención de este primer texto se da como consecuencia de un breve periodo de documentación y búsquedas en archivos, pretendiendo ser un ensayo y un punto de referencia básico en cuanto a preexistencias constructivas del palacio Arzobispal de Valencia y a su evolución arquitectónica.

El Palacio Arzobispal de Valencia es uno de aquellos edificios en los que tras la devastación de la Guerra Civil ha sufrido el principal cambio en su aspecto constructivo y en su envolvente arquitectónica, habiendo perdido parte de su valor histórico pero que rescató de las ruinas parte de su valor arquitectónico. De esa faceta arquitectónica se conserva la sala con arcos góticos, un frente de fachada con arcos y modulación renacentista y, quizá lo más relevante, una capilla neoclásica que se erigió sobre la planta gótica de la sala de los arcos anteriormente citada. Una de las aportaciones constructivas más relevantes de Traver en el palacio, es la construcción de una bóveda vaída que asemeja más un forjado plano, situado en el vestíbulo.

Tras el levantamiento y estudio realizado, previo a una adecuación del palacio para albergar parte expositiva de la Luz de las Imágenes y que no llegó a materializarse en el año 2010, se pretende mostrar la adaptación y compatibilidad de estilos ajenos, ver cómo las trazas geométricas han sido compatibles la una con la otra, incluso su esquema constructivo.

Antecedentes históricos

Es el propio Vicente Traver, quien en su libro »El Palacio Arzobispal de Valencia», describe los orígenes del edificio. Así pues, el original Palacio Episcopal de Valencia nace en los años de la Reconquista de Valencia, a partir de 1238, cerca de la Catedral, por la donación de una casa por parte del Rey Jaume I y la agrupación de construcciones que tuvieron otro destino y que luego, con el paso de los siglos, fueron uniéndose con reformas y reconstrucciones, ampliándose con la adquisición de nuevas propiedades y transformándose según los gustos y necesidades de cada época, reflejándose en él los materiales empleados las sucesivas modalidades y gustos arquitectónicos.

Años después, aún a pesar de la prohibición de establecer pasos, arcos y tránsitos en las iglesias de Valencia, el Obispo Vidal de Blanes (1356-69) realizó las gestiones oportunas para establecer el paso del palacio a la Catedral, pero poco duró dicho paso, ya que su sucesor, pidió permiso de nuevo para su reconstrucción. Este paso se ha reconstruido varias veces, suponiendo la existencia de conflictos entre autoridades civiles y eclesiásticas. El Obispo Vidal fue quién impulsó la vieja aula capitular de la Catedral (Capilla del Santo Cáliz) y la ampliación en el palacio tras la compra de algunas casas colindantes. Durante dicho mandato, el palacio sirvió de alojamiento real al Rey Pedro IV, en 1364, tras la guerra con Castilla y la destrucción del palacio real, y fue en dicho

palacio donde convocó Cortes agrupadas en los brazos eclesiástico, militar y el de las ciudades, que persistieron hasta la supresión de los fueros.

Tras muchos años en que hijos de la Iglesia valenciana subieran a los altares, en 1492 Valencia es elevada su sede a metropolina. No se tiene constancia de obras a resaltar, hasta que es el santo agustino Fray Tomás de Villanueva, que viene a Valencia en 1544, quien mejoró el palacio en todo lo necesario, destacando la construcción de una torre con chapitel sobre la portada principal. Con la posterior llegada del patriarca Ribera (1569-1611), fundador del Real Colegio del Corpus Christi, es cuando se le daría un toque señorial al palacio para recibir visitas de distinguida alcurnia, como sería la del rey Felipe II y su séquito el día de la Candelaria de 1586.

A pesar de la descripción de Martínez de la Vega en su crónica de las fiestas de celebración como commemoración de la Beatificación de Fray Tomás de Villanueva, la representación gráfica de la traza del palacio consta en el plano del Padre Tosca (1704), quien muestra en el plano un edificio de planta irregular, con patio central y escalera descubierta del tipo gótico local. La fachada presentaba cuatro plantas contando el semisótano más la quinta planta de la torre, que coronaba un chapitel a cuatro

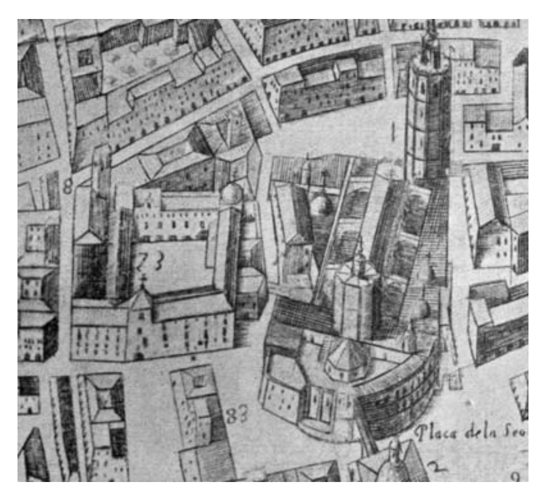


Figura 1
El primitivo Palacio Arzobispal (número 73) dibujado en el plano de Tosca



Figura 2
Estado de la fachada principal del antiguo palacio tras la Guerra Civil

aguas peraltado y rematado por una cruz. La puerta principal se presentaba con arco apuntado y en el lado derecho, formando un compás o patio frente a la catedral, estaban la puerta del oficialato, unas construcciones irregulares con dos torres y el paso al templo. El patio tenía grandes huecos en el bajo, ventanas en el primero y una arquería en parte del segundo, quedando el resto de la izquierda cegado y con una espadaña. Por la calle de las Avellanas, la calle en que está situado el número 8, indica dos crujías paralelas, que rematan, la interior con una torre junto a la espadaña, y la exterior, con el campanario de Santo Tomás en la esquina de la calle de Cabilleros, resultando con estas dos torres y las otras dos citadas en el lado derecho, las cuatro torres a que se refiere el cronista de las fiestas de la Beatificación de Fray Tomás de Villanueva.

La capilla y la cúpula que la culmina, según relata Traver, debió ser de la época en que Juan Tomas Rocaberto gobernaba la diócesis (1677-1699) y sería decorada interiormente a principios del siglo XIX.

Así pues, el palacio llega hasta el momento de su incendio con el primitivo arco apuntado en la puerta principal, con amplio zaguán y espacioso patio jardín que presidía la estatua del santo Arzobispo y que por un gran arco y otro patio, tenía paso a la que fue puerta del oficialato, frente a la portada catedralicia del Palau.

La flamante escalera de mármol, con la antigua claustral y otra de servicio, más las oficinas del Arzobispado, archivo y un sin fin de dependencias ocupaban toda la planta primera del palacio. En el fondo,

junto a las casas de la calle de Cabillers, en lo que fueron viejas cuadras, cochera y almacenes, con entrantes y servidumbres en las casas contiguas y hasta con restos de pozos medianeros, se conservó parte de las viejas construcciones góticas, con robustos arcos de sillería y otros finamente moldados, mutilados y embebidos en las nuevas construcciones, y canes lisos de piedra para recibir las vigas de madera.

En la planta primera estaba la capilla decorada en jónico con estucos y dorados, la cúpula pintada por Llácer, y en los altares la imagen de la Inmaculada, obra de Modesto Pastor, que se perdió en la guerra civil, así como la de los dos Vicentes, del Santo Arzobispo y el Beato Patriarca, obras también de Llácer y otros.

Todo ello, o casi todo, fue arrasado y saqueado en julio de 1936, por un incendio cuya duración fue de tres días, estando durante el periodo de la guerra civil abandonado a la suerte del destino. Quedó en pie, maltrecha y requemada la parte más antigua del Palacio, con las altas arquerías del XVII y la renovada capilla del XIX, pero en el resto, según Traver, «no ya de construcción, sino de materiales muy poco había aprovechable y sí mucho que precisaba acabar de derribar y desescombrar».

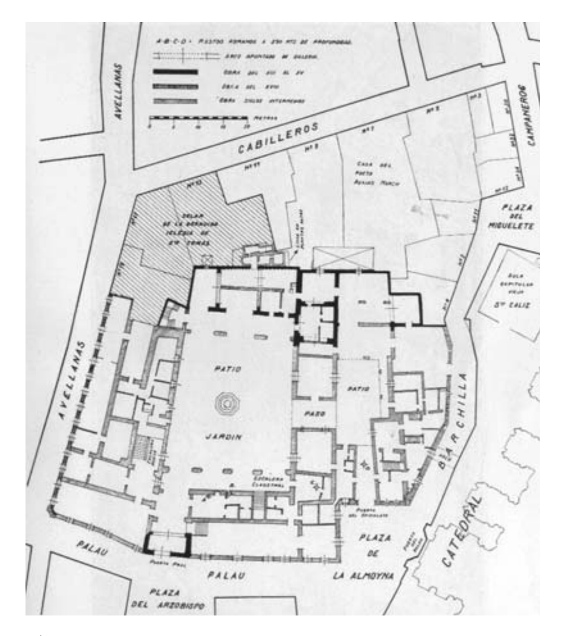


Figura 3
Plano de la evolución del palacio primitivo (Traver 1946)



Figura 4
Fotografía del estado del palacio posterior a la Guerra Civil (AGA F-04242-07-003)

EL NUEVO PALACIO

Tras la conclusión de dicha guerra, la decisión del Arzobispo de la reconstrucción del Palacio y con la ayuda de la Dirección General de Regiones Devastadas, el Ayuntamiento lo autorizó pero hizo ensanchar las calles adyacentes al palacio, la de las Avellanas y la del Palau, frente a las plazas del Arzobispado y de la Almoyna y dejar en su mismo estado la de la Barchilla, con el arco de paso que se había salvado, debiendo retrasar la alineación de fachadas. Según los datos de Traver, se cedieron a la vía pública unos mil metros, ocupando el nuevo palacio dos mil quinientos metros, quedando unos seiscientos metros en la calle Barchilla para otro edificio de la diócesis.

Traver consideraba el palacio en estado ruinoso y en el que debían derribar lo que le resultaba inútil para su proyecto del nuevo palacio. Debido al retiro de la alineación de fachadas redujo considerablemente las medidas del patio principal, eliminó el patio de servicio y demolió los cuerpos de fachadas que aún se mantenían en pié, derribando restos ejemplares de la buena praxis constructiva privando del palacio parte de su historia.

En el interior del nuevo edificio, su forma de funcionar es sencilla; plantas baja y semisótano destinadas a archivo, oficinas, espacio público y de servicio, en el que destaca el vestíbulo con sus bóvedas y columnas de mármol. La planta primera es la que se considera la principal por estar las dependencias de recepción y reunión, quedando los dormitorios del prelado en planta segunda. El palacio está decorado

con gran suntuosidad en el que se aprecia la pulcritud de los trabajos de albañilería, forja, cantería y tapizados, destacando el oratorio privado y las pinturas del artista Llácer en la cúpula de la capilla.

Las fachadas del nuevo Palacio fueron trazadas dentro de un estilo clásico con licencias barrocas en su decoración, adaptadas sin preocupación de estilo a la planta y necesidades del edificio, siendo los muros de fachada de ladrillo caravista, rematados y decorados con balaustradas y demás en piedra caliza. Existe una portada principal personificando la autoridad que allí reside, rematada por un frontispicio coronado por la cruz patriarcal.

El resto de la fachada responde con sus huecos al interior, planteándose, al acercarse a la catedral, el problema con el enlace del arco de paso y la unión armónica del conjunto arquitectónico. Este extremo de fachada tiene enfrente suyo la portada románica de la catedral y es por eso que remata la fachada con una torre y busca con líneas más bajas y movidas (rotonda en galería con arcos y columnas), un contrapeso al elemento gracioso y movido del fondo, para seguir nuevamente con líneas severas a buscar el arco y la fachada apilastrada de la catedral.

La sala de arcos góticos

El museo catequístico que nombraba Traver en su descripción, más conocida como la sala de arcos góticos, es una sala de planta rectangular irregular de unas dimensiones aproximadas de 16 m de longitud, 7,33 m de anchura y 5,3 m de altura, que gracias a dos arcos apuntados de diafragma componen el vano central, dividiendo la estancia en tres partes:

— Una primera que es el acceso a la sala con bóveda rebajada de cañón de dimensiones 2,87 × 8 m.
— La segunda, el tramo central con dimensiones 6,24 × 7,31 m, queda enclavada por dos arcos apuntados en dirección perpendicular a la sala formando arcos de diafragma y otro de similares dimensiones empotrado en el muro de cierre y que es medianero a otras dependencias del palacio. La disposición de las vigas en este tramo es paralelo a los arcos de diafragma estando empotrados en ambos muros de cierre, uno es el que alberga el tercer arco apuntado. Los arcos de diafragama sirven de apoyo a una viga central y otras dos arrimadas a los muros y con tornapuntas, cuya misión es el de minorar los vanos reduciendo considerablemente las flechas de las vigas de madera. No sería muy extraño el suponer que este refuerzo estructural de rompevanos sería como técnica preventiva para una mayor seguridad estructural en los años de la reedificación del palacio en el año 1941.



Figura 5
Imagen de la sala con los tres arcos de diafragma (foto: Cortés 2007)

— Por último, una tramada de 5,59 × 6,97 m y con las direcciones de las vigas en la dirección lineal de la sala, es decir, al contrario que en la zona de los arcos apuntados. Es por ello, que resulta curioso esta tramada al no corresponder con los cánones establecidos en cuanto a las estructuras con arcos de diafragma, si bien sí cabe atender a una buena praxis constructiva el cambiar la direccionalidad de las vigas en pórticos anexos. Además, en ésta sala no se pueden seguir los cánones establecidos, ya que tampoco cumple unas determinadas proporciones como lo son, por ejemplo, la proporción auron o diagon. Otro de los aspectos a tener en cuenta es la determinación de las medidas en metros, ya que las medidas establecidas en el edificio no son múltiples con los métodos tradicionales de medida como el pie valenciano, el palmo o la vara.

Con la planta descrita en la que no existe ni proporción, ni regularidad, en su cara superior es donde se compatibilizó las medidas para establecer un bonito ejemplo de la arquitectura neoclásica valenciana.

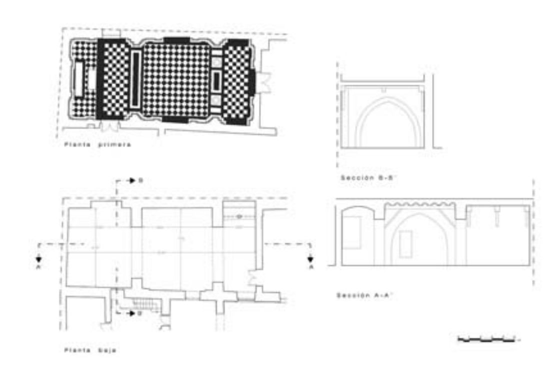


Figura 6
Plano de la estancia de los arcos góticos con secciones y planta superior (dibujo: Cortés y García Lacruz, A)

El ejemplo demolido de la técnica del arco de diafragma

Otra de las caraterísticas que conservaba el demolido palacio Arzobispal, aunque se conservó una parte hay que entenderlo como el edificio anterior al incendio, es la disposición constructiva de un paso en planta baja entre los patios de servicio y el noble, con la pureza de la técnica de los arcos de diafragma pero con una técnica constructiva más tardía al periodo gótico, entre los siglos XV-XVII. Se trata, según se ve la figura 7, de un arranque de muro con seis hiladas de cantería perfectamente aplantillada y la parte superior con ladrillo cerámico, incluso la formación de los arcos, que serían de dos pies. Es en esta parte y a la hora de definir las dimensiones del ladrillo donde estaría supeditado la hipótesis científica, ya que según ejemplos análogos a la época, los ladrillos cerámicos tendrían una dimensión de 31 × 14’5 × 3 cm, por lo que el grosor del arco sería equivalente a la suma de la longitud de dos ladrillos a soga + los tendeles = 62 cm aproximadamente, pudiendo ser la misma dimensión para la anchura.

Aparte de su buena disposición constructiva con una óptima elección de los materiales para componer el elemento constructivo y una cuidada ejecución, gran parte de su capacidad portante reside en la continuación de los paños murales donde se encuentran los arcos, ya que éstos muros actúan como estribos de los arcos y resistiendo los empujes horizontales. Muestra de su resistencia y robustez es que tras el incendio y bombardeo de esta sede, los dos arcos permanecieron de pie, pero sí que no pudieron con la ingenuidad humana al no formar parte de los planes de Traver.



Figura 7
Fotografía del paso entre patios tras la Guerra Civil (AGA F-04242-07-014)

Las modernas bóvedas tabicadas del palacio

Ya en el vestíbulo existe la impronta constructiva de una sala hipóstila con nueve bóvedas váidas de ladrillo visto y cuatro columnas de mármol rojo pulimentado. Estas bóvedas han sido construidas con la técnica de las bóvedas tabicadas.

Según el propio Traver, «las bóvedas del zaguán, vestíbulo y salones son tabicadas de una hoja, doblada en algunas partes con refuerzos a modo de costillas. La que cubre la parte central del vestíbulo bajo, de planta cuadrada, con siete metros de luz, apoya en arcos de hormigón, y es la única que sirve a la par de techo para el piso bajo y de suelo principal; en su sección por las medianas, tiene veintiocho centímetros de flecha, con espesor de dos hojas en la clave, que va aumentando hasta llegar a siete en los arranque».

Traver habla del espesor de las bóvedas como *hojas* según el número de hiladas de ladrillo que com-

ponen dichas bóvedas, pero parece ser que quedaría mejor con la nomenclatura actual de *roscas*, ya que en la actualidad se entiende por hojas al número de capas que contiene, por lo general, una bóveda o una cúpula. Hay que hacer mención a los múltiples debates en congresos en relación a esta tipología constructiva, pudiendo resaltar el Simposium Internacional de Bóvedas Tabicadas de Valencia, realizado en Mayo de 2011 y, sobretodo, el legado del conocimiento constructivo de Rafael Soler en éste ámbito. En el territorio valenciano existe el ejemplo en documentación de mitad siglo XIX con la mención de construcción de una cúpula con tres panderetes, estableciendo pues, una nomenclatura anterior a dicho aspecto constructivo.

En la primera frase del texto de Traver es lógico que al ser las bóvedas de una rosca presente y necesite refuerzos para restar flexibilidad a la bóveda, que, lógicamente, estará estrechamente relacionado a su diseño, que cuanto mayor arco forme, mayor estabilidad presentará y mayor carga soportará.

Por otro lado, deduciendo de la explicación de Traver para la bóveda central, sería fácil opinar que al ir aumentando las roscas desde el centro hasta los extremos y ser poca la flecha (28 cm. sobre 700 cm. de luz), según se crece en los extremos, éstos constituyen el refuerzo por conferir el peso en los riñones sin la necesidad de echar un relleno. Esta forma de relleno constituiría un refuerzo considerable, ya que según se avanza en las sucesivas roscas, que aunque no estén cerradas éstas transmiten mejor las cargas porque se constrarestan sus tensiones internas como si de una cúpula con óculo central se tratara.

Al ser la forma de dicha bóveda central con ladrillos formando anillos concéntricos vistos y atendiendo a sus consideraciones constructivas, sería fácil establecer el planteamiento de su ejecución. Es lógico pensar que al quedar vista debería trabajarse desde abajo, por lo que este tipo de bóveda no precisaría de cimbra pesada para sostener el peso de toda la bóveda y los operarios en su ejecución. Sin embargo, si se necestiaría de un medio auxiliar para establecer las directrices de la bóveda, que sería la primera de las pautas para su ejecución. Al ser de sección variable, desde las dos roscas de la *clave* hasta siete en los arranques según nos relata Traver, es lógico que se construyera desde los arranques hacia el centro del vano, pero ejecutando al mismo tiempo las distintas roscas, ya que de esa forma va entrando en carga y la bóveda adquiere mayor rigidez y se evita el posible alabeo y deformaciones no deseadas durante la ejecución de la bóveda. Naturalmente, que el yeso de las juntas que forma la unión de los ladrillos en la primera rosca debía endurecer antes de continuar con la colocación del siguiente ladrillo.

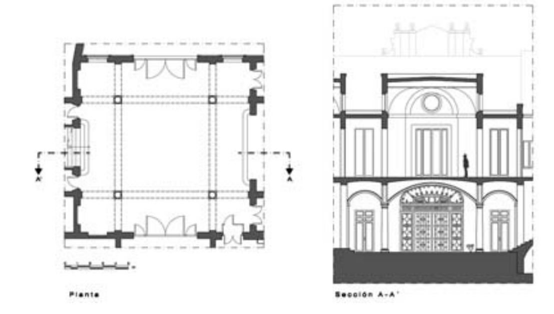


Figura 8
Planta y sección del vestíbulo en el que se materializa la técnica de las bóvedas tabicadas

Una capilla neoclásica sobre planta gótica

La capilla neoclásica está situada en las dependencias nobles de planta primera justo encima de la sala de arcos góticos. Se trata de una capilla adaptada a las dimensiones, irregularidad y trazas de la sala gótica que la sostiene. Es una capilla que cuenta con tres tramadas de iguales dimensiones que la sala inferior, la de los arcos góticos, cuyas trazas no son re-



Figura 9
Imagen del vestíbulo del nuevo palacio (Traver, 1946)

gulares, ni siguen una determinada proporción. Para encontrar una posible expliación al respecto habría que analizar diversas consideraciones.

Primero, conociendo que el palacio ha ido creciendo en tamaño tras la agrupación de edificios y solares y habiendo analizado la planta general, se observa que les era prácticamente imposible ortogonalizar los espacios, por lo que a medida que se conectaban las distintas ampliaciones, en el replanteo iban adaptándose los espacios a la irregularidad del solar con tal ingenuidad que apenas puede ser apreciable al ojo humano. Segundo, al crecer poco a poco el palacio, ha de tenerse en cuenta y tuvieron en cuenta los distintos niveles de las edificaciones para evitar peldaños sueltos y formaciones de escaleras en el paso de una edificación a otra en la misma planta. Por último, hay que tener en cuenta los métodos de replanteo que poseían y, sobretodo, que fueron distintos los constructores que tomaron partido debido a los distintos periodos históricos que sobrevivió dicho palacio. Esta concepción de adaptación de un espacio clásico sobre unas trazas y construcciones góticas no sienta precedentes en Valencia, ya que son numerosísimos los ejemplos que existen en la adaptación del estilo clásico a edificios erigidos en etapas anteriores, como por ejemplo, el revestimiento neoclásico de la catedral gótica o los revestimientos barrocos en la iglesias góticas de San Esteban o en los Santos Juanes.

La citada capilla tiene tres tramadas, una primera de pequeñas dimensiones con dos columnas que la separan de la central y que en su parte superior alberga un altillo a modo de «matroneo» o coro superior y como un trabajo de buena arquitectura hace de antesala al espacio abierto de la cúpula, que está situada en el tramo central. El último vano, de similares proporciones al espacio central, está cubierto con bóveda de cañón decorada por plafones y es el destinado al presbiterio.

El de la capilla neoclásica del palacio Arzobispal fue un trabajo audaz que nos muestra que aún a pesar de la inexistencia de unas determinadas trazas modélicas del periodo clásico o la no adopción de una determinada planta tipológica, no existe motivo por el que no pueda considerarse como original y determinante de cierto estilo artístico, sobretodo, cuando hablamos de un periodo clásico en la ciudad de Valencia. Esas proporciones a las que nos referimos, el ojo humano no es capaz de asumirlas, que debido a las dimensiones más o menos proporcionadas de la capilla y a su coquetismo en el sentido estético y voluminoso y su cupulín que la cierra nos distrae sustancialmente. Lo que nos muestra esta capilla son unas modulaciones generadas en torno a dos compentes básicos: el primero se trata de la determinación de la misma modulación para la base como para la altura del primer cuerpo grafiado con un cuadrado. A partir de ahí se genera una modulación menor con un carácter rectangular para determinar la altura de la capilla y de su cúpula. El otro componente básico al que se hace mención es al establecido por las circunferencias y que nos determinan la altura total y, además, sirve como módulo para los elementos decorativos.

Sin duda alguna, la parte constructiva que aparenta mayor importancia es la cúpula que la cierra, que se presenta con tambor y está ejecutada sobre cuatro arcos perimetrales de medio punto con la formación de pechinas para adecuar el paso de planta cuadrada a circular. Su diámetro es de aproximadamente unos 6’35 m con forma sensiblemente peraltada. No se puede establecer la materialidad de la cúpula porque no se han realizado catas sobre ésta, lo único que se ha podido establecer por método topográfico tras ha-

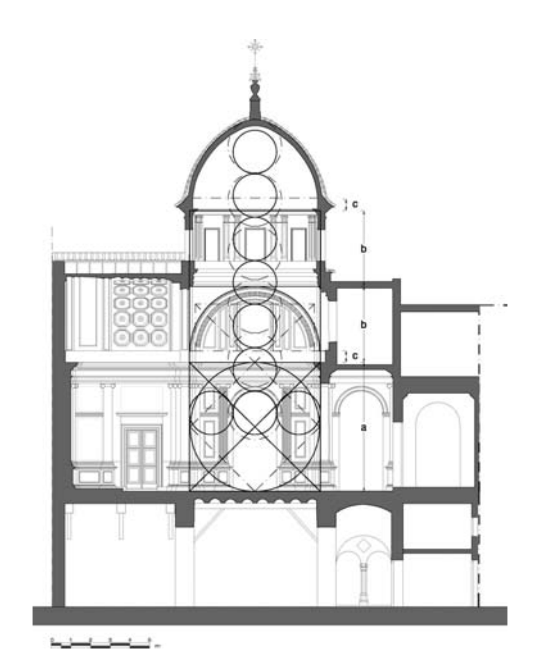


Figura 10
Estudio de las proporciones de la capilla (Cortés 2011)



Figura 11
Vista del patio del palacio con la cúpula de la capilla y el tramo de fachada con los arcos renacentistas (foto: Cortés 2007)

ber realizado el levantamiento de la capilla es el espesor total, que es de unos 38 cm, aproximadamente.

Existen dos hipótesis constructivas, pero debido a su espesor, sería fácil apostar por la cúpula de dos hojas entrelazadas entre sí por ladrillos cerámicos en formación de costillas. Analizando esta suposición, tendríamos una primera hoja, la interna, que estaría formada por dos roscas, lo que supondría unos 8 cm (ladrillos de unos 3 cm de grueso + tendidos de yeso). Posteriormente, estaría la formación de la cámara intermedia con los ladrillos tomados a canto formando las costillas y uniendo las dos hojas, lo que supondría unos 10 cm., aproximadamente. A continuación la hoja externa, formada por una rosca de ladrillo (aprox. 4 cm) y, por último, le daríamos unos 16 cm. a lo que supondría el mortero para recibir las tejas, y su disposición con ríos y bocatejas y las pequeñas diferencias con relleno para una correcta apreciación visual.

¿Por qué no se reconstruyó el palacio con los restos que tenían?

A medida que se va comprobando los vestigios que albergaba este ruinoso palacio, es difícil no pensar por qué no se restauró este edificio de varias centurias de existencia, reinterpretando las ruinas o adapatándolas a un renovado palacio pero sin tener que hacer desaparecer la buena praxis constructiva de nuestros pasados maestros, pasados por el tiempo, no como forma de desprecio. La configuración del palacio se entreveía, las fachadas permanecían parcialmente de pie, seguían en pie elementos importantísimos ¿acaso no eran realmente conocedores de los sistemas constuctivos históricos? Si la albañilería de la época era descendiente directa, ¿acaso no tenían esa cultura conservadora? Porque su cultura arquitectónica en la reconstrucción no fue racionalista. Lo que sí es cierto es que después de seiscientos años y tras una primera etapa con ampliaciones y adaptaciones, se les presentaba una ocasión única para demoler los restos y levantar un nuevo edificio con un único estilo y, quizá por ello, vieron la ocasión ideal para demoler lo que les molestaba y dar muestras del poder de una Iglesia renovada gracias al apoyo de un nuevo régimen político.



Figura 12
Vista del patio desde el vestíbulo del antiguo palacio (AGA F-04242-07-011)



Figura 13
Vista de la nueva fachada en construcción tras la primitiva (AGA F-04242-07-002)

Con imágenes, planos y documentación perdida en archivos sí se puede establecer una hipotética reconstrucción de los valores constructivos que albergaba el antiguo palacio arzobispal, antes episcopal.

LISTA DE REFERENCIAS

Conforti, Claudia *et al*. 1997. *Lo specchio del cielo*. Roma: Electa.

Fernández Gómez, Margarita. 1999. *La teoría clásica de la arquitectura. Clasicismo y Renacimiento*. Valencia: Servicio de Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia.

Fortea Luna, Manuel y Vicente López Bernal. 1998. *Bóvedas de ladrillo. Proceso constructivo y análisis estructural de bóvedas de arista*. Colegio Oficial de Arquitectos de Extremadura.

Heyman, Jacques. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Loren Méndez, Mar. 2009. *Texturas y pliegues de una nación*. Biblioteca TC.

Ruiz de la Rosa, José Antonio. 1987. *Traza y Simetría de la Arquitectura. En la Antigüedad y Medievo*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Soler Verdú, Rafael (coord.). 2006. *Las cúpulas azules de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Traver Tomás, Vicente.1946. *Palacio Arzobispal de Valencia. Memoria referente a su historia y reconstrucción, redactada por Vicente Traver Tomás, Arquitecto Diocesano y autor del proyecto*. Valencia: Tipografía moderna.

Wittkower, Rudolf. 1995. *Los fundamentos de la arquitectura en la edad del humanismo*. Madrid: Alianza Forma.

The culas in Oltenia

Silvia Ileana Costiuc

Definitions

Balş is the architect who provides an eloquent definition of the cula:

> Cula, a characteristic building for Oltenia is a fortified dwelling. The cula is related with similar types of architecture at the south of Danube, but has its own Romanian features. It all begun at the end of the XVII century and maintained for one hundred years, meanwhile spreading exclusively in Oltenia and in the north-west part of Muntenia (Balş 1954, 83).

Ghika-Budeşti's definition is adding some specification to Balş's rough description:

> They are fortified rural dwellings, having several floors, locked entrance, secured with an oak girder, sometimes having ramparts. The first floor is the cellar, the upper levels are used for habitation. At the last floor there is a veranda and an arcade gallery with pillars from where the owners could either enjoy the view or use it in defence purposes (Ghika-Budeşti 1936, 114).



Figure 1
Picture of the cula from Groşerea (Voinescu 1908, Figure 8)

Also Janeke has another distinctive feature of the culas to mention:

> The fortress like towers added by the boyars to their countryside establishments were called cule, a distinct species of the Romanian architecture (Janeke 1932, 75).

The bibliography

In the last century in Roumania a lot of brief articles, reviews and debates were published. Only three general books on the cula theme were published: Creţianu (1969), Atanasescu & Grama (1974) and Godea (2006). The first two books were written by architects and are very well structured but also very short. The last one, written by an ethnographer, gathers most of the previously published information printed all together but does not carry on with the features that were not detailed before.

A very relevant approch to the subject is the book published by the Austrian engineer Janeke (1932). He makes very good points on the subject and is the only author who makes a comparison between the peasant's habitations in the fields or hills, the boyard's mansions at the countryside and in the city and the cula in Wallachia. He is also the only one who

published construction details of the culas in Curtişoara and Groşerea.

Professor Gheorghiu's (1985) book has a chapter about the culas. There is information about the culas that were built in already existing establishments with fortified walls and the author also explains how the regular mansions begun to be fortified.

Medrea's book in 1969 is maybe the only publication found until now that has a plan of the land on which the cula from Mãldãreşti belongs to. Voinescu's book published in 1908 is the only one researched until now that has a distant photo of the cula in Groşerea.

The following chapters were not detailed until now by the authors preoccupied on this subject: a parallel between the Romanian culas and the culas from the Balkans, comparison with the peasant's habitation and with the masonry of the local churches, analysis of the constructive details, maps with visibility and precise localisation of the culas, at region scale and at local scale, the study of the domains and establishments they used to belong to, also furnishing and natural lighting, heating elements, decorations, classification by volume type and an approach of the annexed tower.

The etymology

Puşcariu states that the word «cula originates in the vulgar Latin cubula, derived from the Latin cuba, cuib used as nest», in Romanian cuib (Puşcariu 1904, 251). «In Portuguese the corespondent would be caio – retreat, concealment» (Puşcariu 1904, 251). In the folk's legend collection published by Rãdulescu-Codin (1910) the term cula «is used with the meaning of a place where a treasure was hidden» or with the meaning «of a place where the Jews buried their money». The second meaning of the word cula in the Balkan countries is that of a tower, bastion, fortress or habitation outside the village or city and it was certified by two important Romanian linguists (Puşcariu 1904; Şaineanu 1900).

The history

During the XVII century several pashalics from the South of the Danube were out of control and they were making short intrusions towards the north of the Danube, in small groups of riders that were very aggressive. These groups of robbers came from the pashalics Silistra, Rusciuc and Vidin. The locals tried to survive the attacks by their own means. The poor took their families and cattle and run into the woods. The rich had built fortified walls around monasteries, they «hardened their manors by primitive defence means» and this is how they faced the groups of outlaws that detained powerful fire weapons (Balş 1954). Not only the Turks represented a threat to the local boyards, but sometimes the rebelled peasants who were having a very difficult life throughout the century. Also there were trying to protect from the wild dangerous animals living nearby and from time to time the boyards used to have fights between each other as well.

During the XVIII century The Principality of Wallachia was one of the few tributary states to the Ottoman Empire and was ruled by Greek lords from Fanar – a neighbourhood in Constantinople.

From all the defensive architecture that was developed on the Romanian ground between the Xiv century to the beginning of the Xix century, the cula is the most modest. It is assumed that there weren't culas any earlier than the XVII th century, when the first solid manors that prefigured the origins of the culas were built (Janeke 1934; Balş 1954).

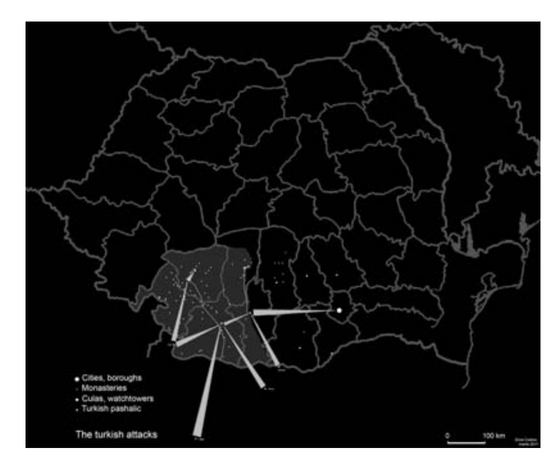


Figure 2
The map of Romania with the historical culas and the turkish attack lines. Map illustrated with Adobe Photoshop by Silvia Costiuc, using the refrence list.

It is very difficult to establish the building year since there are no inscriptions. Seems like the ones from Curtisoara, Mãldãreşti, Pojogeni, Rovinari and Şuici were built in the beginning of the Xviii century but it is likely that by archaeological means hey would discover that the culas are older (Creţeanu, 1969).

THE GEOGRAPHY. EMPLACEMENT. STRATEGY

There are culas as well in the Balkan region - Bulgaria, Macedonia – Albania and Serbia.The differences between the Romanian culas and the ones from the south of the Danube are the following: the walls are not plastered usually, in Romania there is only one cula from the approximately 100 found in the bibliography - that does not have plaster - in Bujoreni. Another difference is that the culas from the Balkans do not have a veranda at the last level, the roof is much more flat than the narrow ones in Romania and in the Balkans the culas can be found in numbers in the same locality. In Romania they are isolated and solitary near the settlement guarding sometimes up to 20 km away to the south and 20 kilometers to the north. Also the proportions are quite different.

During the interrupted Austrian occupation of Oltenia, between 1718-1839, the peasants in Oltenia were not stable like in Germany, they used to live spreaded into small hamlets of 3 up to 5 houses primitively built. In the fields regions there were villages (Janeke 1934, 33).

The culas in Romania are located on a hill with optimal visibility, the lands have been stubbed out downhill in front of the most important elevation of the cula, to the south. (Ionescu 1986; Atanasescu 1974). In the Figure 8 (Voinescu 1908) it is obvious that there were no trees to obstruct the view from the cula in Groşerea to the south. At the north side of the cula, most of the times there is a forest. By placing all the culas on the map of the region it became obvious that there was a strategic network of culas. (Atanasescu & Grama 1974) The distances between two culas or between a cula and a monastery tower or a tower built by the boyards associated - are of about 20 km.

Most of the culas from the The Principality of Wallachia were situated in Oltenia or in the north-west part of Muntenia. All these culas are in the proximity of the river Jiu, Olt or their affluents.

Because of the common threat the boyards cultivated friendly relations among themselves. They used to be prepared and armed at anytime for a new invasion and they were using a signalisation system between culas in case of danger. «In daytime they were burning humid fabrics that produce dense fog and they were sending intermittent signals. At night they were burning a torch and moved it rapidly for the people in the village to see and also the owner of the cula up north» (Ionescu 1986, 164).

Sometimes the culas are situated near old Thracian or Roman ruins (Ionescu 1986, Atanasescu & Grama 1974; Creţianu 1969) but this is a hypothesis still to be verified, so far only a small number of them are situated near ancient ruins and anyway the strategic interest was different.



Figure 3
Visibility map illustrated with Adobe Photoshop by Silvia Costiuc, using the refrence list and Google Earth. For the visibility areas with yellow the source was Atanasescu & Grama (1974)



Figure 4
Syntesis of the culas positioning study. Map illustrated with Adobe Photoshop by Silvia Costiuc, using the refrence list and Google Earth. For the visibility areas the source was Atanasescu & Grama (1974)

FROM WHAT TYPE OF ARCHITECTURE THE CULA DERIVES

In the beginning of the XX Th Century the magazine Convorbiri literare (Antonescu 1907) and an art historian (Tzigara-Samurcaş 1909) published an argument about the origins of the cula. Antonescu insists that the cula is a national product, because since ancient architecture to the medieval towers Romanians used to have similar constructions in their territory. He asserts that the Roman Towers guarding the Roman Empire border used to have similar proportions with the cula. Apparently the Thracian Towers of habitation had similar proportions. Several authors mention that the Thracian towers that belonged to the kings from Sarmisegetuza are to be found on the Trajan's Column in Rome (Antonescu 1907, 495; Ionescu 1986, 151-2).

Tzigara-Samurcaş (1909) declines the local historical evolution and asserts that the culas are a Balkans importation, exactly like the etymology of the word and that it has its origins into the Roman Empire watch towers, copied by the Ottoman Empire. In response, Antonescu (1907, 1208) states that «the Balkan influence on the Romanian cula will be proven only when a cula with an open veranda will be found in the Balkans175». Also, Drãguţ (2000, 325) notes that «in the Xviii century some workers of Aromanian origins that had some sort of facilities from the Turkish authorities and they came into the Balkan countries disseminating construction techniques and Ottoman decorations». The Creţianu couple (1969, 12) writes that probably the culas in Oltenia developed in parallel with the ones from the other side of the Danube, starting from the boyard's mansions with the skillful local workers, a «unique and profoundly original» type of architecture was born.

Some other architecture historians (Balş 1954; Ionescu 1986) also consider that there is an obvious relation between the culas from the north and south of the Danube but it is very difficult to judge which side was more influential. Since the population in the north of the river was invaded and in the south there were internal conflicts it is logic to deduce that the ones from the north were constrained to develop a more efficient fortified architecture and strategic networks inspired by the local masters.

Only ten years latter after the romantic argue between Tzigara-Samurcaş (1909) and Antonescu (1907) the Austrian officer Janeke (1932) who published the same book in German first in 1918, made a concise description of the peasant's habitation from the hill side and from the depression and also of the manors and the winter residences of the boyards in the urban areas. He mentions that the peasant's habitations are influenced by the Germanic traditions that came with the colonisers in the Meridional Carpathians since the year 1150. He also recons that the clerical architecture is of Asian and Byzantine origins in The Principality of Wallachia. Beside the veranda or pinacle similarities between culas and the peasant house in the region, there are similar constructive details at the woodworks.

VILLAGES, PEASANTS AND BOYARDS ESTABLISHMENTS, DOMAINS AND CHURCHES

The communities around the culas where sometimes formed by the landlord. In Aninoasa a boyard wanted to start an agricultural exploitation, so he first bought some land even if the area was not populated. Than he found and convinced people from nearby to move to his domain, giving them a small piece of land to build a house and offering some other facilities. This was the case in Aninoasa township, where the Groşerea village and cula is (Janeke 1932, 40).

The establishment in the hills villages of the rich peasants and small and middle boyars were in a shape of a horseshoe, with the house in the back, at the sides having annexes of the house, stables and other all surrounded by a wooden strong fence and an enormous locker fortress like. The fortress look was even more obvious when inside the courtyard was a habitation tower with a very sharp sloped roof.

In the mountains and hills all the regular houses had the cellar as the socle of the house. Because of the practical use of space this distribution was also adopted in the plain houses as well. The cellar was used as stable, food deposit and others. Nevertheless the house up the socle had a more beautiful view, it was more safe and could have been better used as defence because usually the basement was made in stone. The floor above it was made of wood plastered with clay. Another new element in the configuration of the regular traditional house in the hills of Oltenia is the pinnacle, eccentric from a basic rectangle. This pinnacle is the joint between the stair and the porch,

resulting in an airy sunless space where the peasant used to make their routine works in the summer. Also the entrance in the cellar is under this pinnacle. The flooring of the cellar is left in earth as it is, because they used to dig potatoes and other into the earth to keep them fresh for long (Janeke 1932).

The manor in the countryside are usually located at the side of the village, the establishment is similar with the peasant's, only that they are larger and more carefully handcrafted. The manor courtyards also include barns, stables and accommodations for the servants. The manor is made in red bricks, it is massive, located in the back of the courtyard having a huge garden on the other side. The plan is usually square, it has the alleyway in the middle that usually ends into the porch in enfilade or into the pinnacle. The first floor has the same use as in the regular house but sometimes it is used for accommodation for the administrator of the domain – like in Potlogi and Mogoşoaia.

The pinnacle to the north used to be open because most of the boyards only used to spend their summer at the countryside. The ceiling was done with oblique matching boards. The column are in brick sometimes rounded (Janeke 1932).

In the XVII Century some manors were built with their vaulted cellars elevated above ground level – before it used to be half into the ground, this is the case in Glogova, that was modified in the XVii Century and was added with a defence chamber and ramparts guarding the entrance. Other manors modified like this are in Crainici, Vlãdaia and Budeasa (Ionescu 1986, 148-9).



Figure 5
The Church (1774 – 1790) near the cula in Mãldãreşti. Foto taken in 03.10.2010 by Silvia Costiuc

Sometimes the same boyards who built manors or culas used to be the founders of the churches nearby. Sometimes the same workers had built the manor and the Church – like in Curtişoara, where the Church and the cula have the same type of arches at the veranda. The corbels for candles in the culas is like the ones from the churches. The churches architecture influenced the boyard's architecture (Janeke 1932).

About the owners and their way of life. Permanent or temporary habitation

In the XVII the Century the agrarians class develops. During the Fanariot Reigns from the Xviii Century in The Principality of Wallachia - the court from Bucharest had flourished and became the boyards favourite residence for the winter. During the summer at the countryside the boyards used to eat at the same table with the servants, but in Bucharest they became «Parisians». In Bucharest the architecture had French influences allready (Janeke 1932, 55-56).

The culas belong to the middle and lower class landlords, the high boyards moved permanently to Bucharest, where they had full time guards and armed stuff. In some of the villages «the landlords had to built fortified courts and therefore they no longer needed culas» (Ionescu 1986, 164). Also the peasants did not need to build culas because they did not have a fortune to defend. Still some of them had built wooden culas.

Typology

Because 3 quarters of the culas found in the bibliography no longer exists, the study was limited on the tipology of the 23 culas that still exist today as hstorical monuments. Some of them had to be eliminated from the study because they had been dramatically modified.

By the number of levels there are culas with two floors and culas with three floors. The culas with two floors are: peasant culas – with wooden pillars at the veranda or even a wooden structure – like the ones from Cerneţi – Nistor, Runcurel and Larga; composed plan – not a simple rectangle close to a square plan – Şuici and Zãtreni and the last ones are Retevoieşti,

Broşteni and Cerneţi – T. Vladimirescu, the three have an almost square plan. The culas with three floors are the big ones, with composed plan – Mãldãreşi and with a rectangular plan – Curtişoara and Mãldãreşti – Buca. The small ones with three floors are without a veranda – Mioveni and with veranda: Şiacu, Groşerea, Cernãteşti, Brabova. There are two exceptions, the cula from Bujoreni – the only one that has an exterior stair and no plaster, also the veranda is missing and there is the exception of Cartianu house. In this case the historians don't know yet if it is a modified cula that used to be opaque and it was open on all sides after the danger times passed or if it was from the beginning like that.

CONSTRUCTION DETAILS

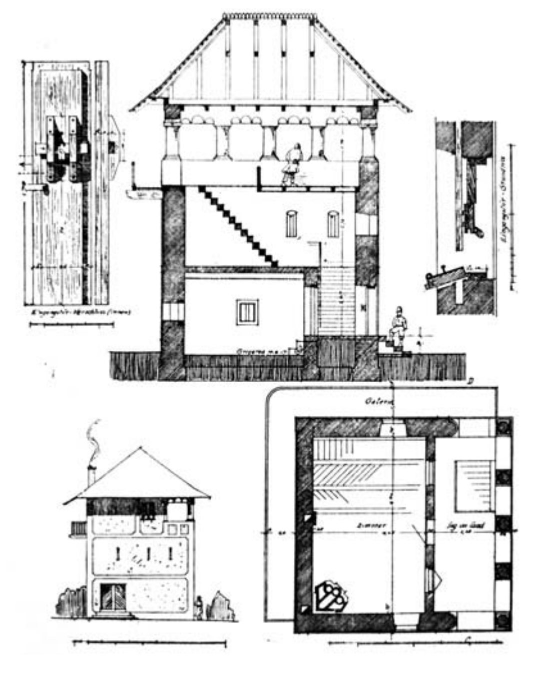
Masonry- ramparts, columns, graduation of the depth of the wall

The walls are made of red bricks sometimes mixed with rocks and sometimes just in rooks / like in the case of Bujoreni and the north wall of cula Greceanu in Mãldãreşti. It is hard to guess the composition since all of them except one are plastered. The masonry walls have 65 cm up to 100 cm in depth.

It is interesting that the culas have no basement, there were not found any surveys or research regarding how deep the walls go under the ground. Another interesting feature of the walls of the culas is that they become thiner each floor up. There are no papers on the netting of the brick inside the wall, but there are some hypothesis considering the ancient bricks dimension and the depth of each wall on every floor. The bricks from Curtişoara have 5 x 11 x 23 cm and the ones in Groşerea have 5,5x13x27 cm approximate.

The ground floor is opaque and sometimes even the next floor, the walls only have some ramparts but which are not covering all the angles of approach.

Changing the disposal of the brick inside the wall each course, the masons built the huge decorative cartouches and also the small ones at the exterior of the Groşerea cula. The arches at the veranda from the last floor are the result of a skillful combination between wooden and masonry architecture. Some bricks where profiled for certain needs – like near the main entrance or the round columns at the veranda.



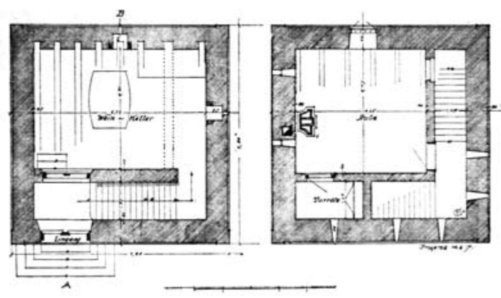


Figure 6 and 7
Plans, section and constructive details of the cula in Groşerea (Janeke 1932, 64-65)

The ramparts at the first levels or even at the last floor have a masonry arch or a very strong wooden lintel. At Mãldãreşti - Greceanu cula, the small openings were closed on the interior by a stone triforium with a local late Renaissance like drawing characteristic during the reign of Constantin Brâncoveanu.

Some of the culas have masonry domes as ceilings like Almãj, Hotãrani and others.

Brickworks Groşerea

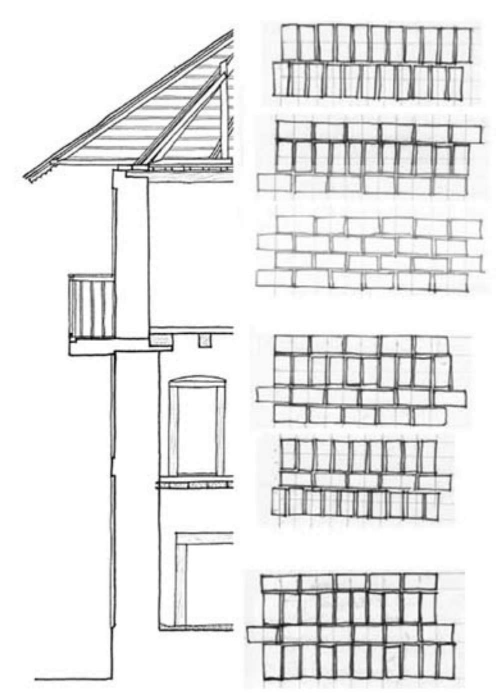


Figure 8
Drawings made by the students during the French-Romanian workshop, 2010-2011, an academical restoration project Culas from Oltenia, between the West University of Timişoara and the School of Chaillot, Paris. Project coordinated by Ştefan Mãnciulescu chief architect of Historical Monuments for the Corrèze, Haute, Loire Departament



Figure 9
Foto of the cula in Groşerea, by Silvia Costiuc 05.10.2011

Groşerea

Last platform under the roof detail

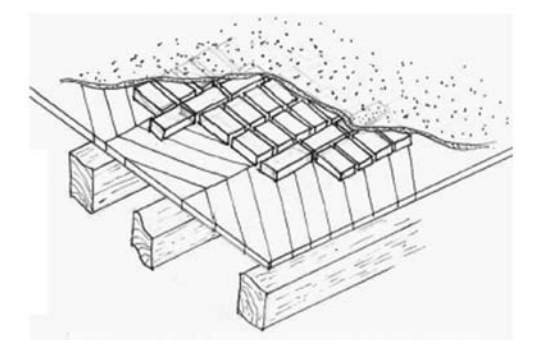


Figure 10
Drawings made by the students during the French-Romanian Workshop, 2010-2011, an academical restoration project Culas from Oltenia, between the West University of Timişoara and the School of Chaillot, Paris. Project coordinated by Ştefan Mãnciulescu chief architect of Historical Monuments for the Corrèze, Haute, Loire Departament

Carpentry – entrance, windows, floors, platforms, stairs and trap doors, timber support and shingle

The main entrance was secured by a long girder that entered the whole way into the wall. Sometimes the door has two leafs, and sometimes three – the one from the middle having a mechanism that permits its extraction in case they needed to operate with big barrels. Otherwise it has a structural role. The wooden planks have at least 5 cm depth and at some culas the planks are coated with metal strips fixed by hobnails. Another very interesting aspect of the entrance mechanism is some observation in Groşerea, that the fixed part of the woodwork is cleverly joint with the masonry. Meaning that the profile of the pillar that holds the opening at the side is not rectangular but it has a T shape and it is incarcerated into the wall.

The wooden beams are impressively huge, in Curtişoara there is one beam at the ground floor that has 10 m in length and 40 cm wide and about 65 cm in elevation. The ones from Groşerea are massive as well considering the openings, and most of the beams are manually cut with the drawing knife. Atanasescu



Figure 11
Foto of the cula in Groşerea, by Silvia Costiuc 05.10.2011

(1974) states that the wooden beams have a conic profile so that they could not be extracted from the exterior of the cula.

There is a special care to the structural and defencive joints between wood and masonry. The stairs are made out of planks with a rectangular profile very well attached to the masonry. Most of the culas have a wooden hatch at the end of the stair.

The secured main entrance into the cula has side ramparts and it is locked by a girder that has a tunnel inside the wall and it can be slided to hold the door planks. Not only that this girder can slide and it is very resistant but it could also be rotated and get into a blocked position so that it is impossible to move it from its place from the outside.

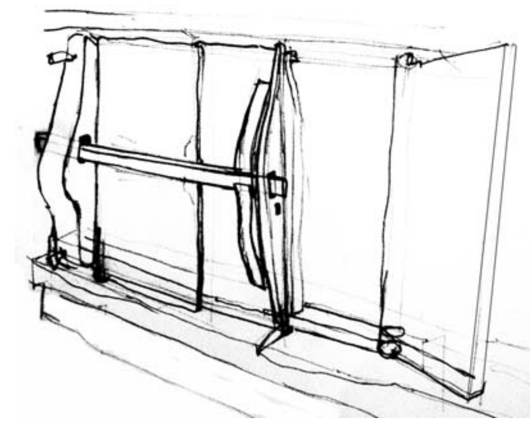


Figure 12
Detail of a traditional house basement door. Drawing made by the students during the French-Romanian Workshop, 2010-2011, an academical restoration project Culas from Oltenia, between the West University of Timişoara and the School of Chaillot, Paris. Project coordinated by Ştefan Mânciulescu chief architect of Historical Monuments for the Corrèze, Haute, Loire Departament

Sometimes there is the presence of a fake door – much more sophisticated and decorated leading only to the stables or to the food depository and to a room that has no connection to the rest of the house. The two side planks from the exterior door in Groşerea had a massive mechanism in wood that permitted the rotation, like in the following picture. The third plank, it is mobile but it also holds the lift from the above wall.

The stairs are on the exterior only in the exceptional case of Bujoreni, some other culas that no longer exist, like the one from Pojogeni used to have a mobile stair linking the ground floor with the first floor and this stair was elevated through the hatch up to the next level in case of danger (Ionescu 1986).

The cula from Cerneţi is the only one that has wooden sculptural pillars at the veranda under the roof.

The rafters are most of the times rare, but this makes the roof become curved and gives it a pleasant aspect. The shingle is 15 cm long and disposed starting from the overhang, each row covering 10 cm out of the previous row (Janeke 1932, 45).

Veranda

Antonescu (1907, 497) states that «the veranda was a late addition» to the architectural object. Ionescu (1986) stresses the fact that the veranda is the greatest difference between the Balkan culas and the ones from the Romanian territory. He also points out that the veranda is the follow up of the pinnacle from the regular houses that used to make the junction between the stair and the porch. At the culas, the pinnacle rectangle blends with the porch surface, and becomes a very pleasant place for spending summer afternoons, watching the great view in peacefull times or watching for the enemies in times of danger. The specific veranda could also have been inspired by the interior galleries from the monasteries. Probably that the porch lacks from the culas in the balkan region

and the slope of the roof is not that sharp as well because of the climatic differences.

As Mendrea (1969) mentioned, the decorated verandas with trilobite arches makes the building look more recreational and peaceful rather than fortified architecture.

The veranda has an essential role in the defensive characteristics of the cula, most of them are facing south or at least downhill to a flowery field or to a white valley.

Interior fountains

The cula in Curtişoara used to have an interior fountain that was closed in the XXth Century when the landlords made a water and even hot water installation. There had been more other culas mentioned for having an internal fountain.

The back-room

The majority of the culas had a secret room, that used to be the last redoubt for the women and children. In some of the culas this secret hiding either for the treasures, either as a life saving place it is placed under the stairs and it has a blind wall – like in Groşerea. In Mãldãreşti the hiding place is under the roof, it has a fireplace and a bed and it has a mobile stair. Also it was kept to our days «a board tied with a rope that was used for transporting food to the hidden persons» – the children, the women, while the man kept fighting the attackers and the mobile stair was retracted (Zamora 2006, 32).



Figure 13
Foto of the cula in Mãldãreşti, by Silvia Costiuc 03.10.2011

Furnishing

Del Chiaro, one of the narrative travellers of the time writes that even in Târgu Jiu in the XVIII Century they did not used chairs, only benches with a high back against the wall, covered with a cloth. The tables were placed in the corners, the beds were attached to the walls and they were layed only in the evening. Inside the rooms they used different aromatic herbs. They did not use any interior decorations except an icon which was placed on the eastern wall over a damask or brocade. (Ştefulescu 1906, 219-226). «Generally the furniture is very sobre, only the few rich owners of the culas did afford to have vaulted ceilings, stuck ornaments and paintings» (Janeke 1932, 79).

The annex tower

A significant number of the existing culas that we know of have an extra tower added to the north. Some said that the tower was used for religious purposes serving as an oratory maybe because some of them have a masonry dome similar with the domes from the orthodox churches. The towers are connected at the first floor with the culas through a gallery. Some said that it served the owners as a toilet. But Janeke (1932, 74) explains that one of the culas, from Şuici, has some kind of a tower only that it is higher than the habitation building so he states that the annex tower was a watchtower.

In the case of Curtişoara, the small tower is one floor lower than the cula and it is facing north. The cula was attacked sometimes from behind by local outlaws that used to live in the woods. And there is this hypothesis that the small tower was added later to the construction but there is no scientific proof (Janeke 1932).

Heating

They had a stove with an oval door usually. The heat goes to one or two round or square tall clay tubes, and because the contact surface is big and the walls of the stove are thin the room heats up really quickly. (Ştefulescu 1906, 219)



Figure 14
Foto of the cula in Mãldãreşti, by Silvia Costiuc 03.10.2011

Decorations

The culas have been built with a big expence of money, the priority wasn't to decorate it, like it usually happens with the boyards mansions a the time. Still there are a few decorations. The exterior decorations at the cula from Groşerea are obtained only by the inventive brickworks. The cula from Mãldãreşti has some elements that testify the characteristic architecture for the reign of C. Brâncoveanu.

Ownership

The culas and the domains that they belonged to were expropriated 60 years ago from the rich and became a state property. Now, some of them were requested in court by their natural owners and some were given back their familly cula - like in Curtişoara and Brabova. But most of them are a state property and are located in remote villages with bad infrastructure, no tourism at all and also placed on sharp hills – like Groşerea and they are difficult to use, not to mention that some of them have very small interior surface and poor natural lighting.

State of conservation

Judging by the current pictures found on the Internet only the culas from Mãldãreşti and casa Cartiu are in a relative good conservation estate. All the rest have major problems with the water infiltration trough the roof. Some have now even structural problems and most of them are in a pre collapse state. Unfortunatelly, all of them were carefully taken care of at the base with cement plastering back in the sixties.

Draghiceanu (1931, 108) in a report for the National Commission of the Historical Monuments writes that «the old woman who was been living there took well care of the building and kept the bullet marks on the facade on purpose».

Their current use is for some museums and the most of them are abandoned, yet they represent a specific type of fortified architecture, a testimony for a considerable amount of technical knowledge and only very few of them had been kept. After the Fanariot Reigns passed, there came the peace and the boyards no longer felt the need to live in poorly lighted spaces, humid conditions with 1 meter thick walls and climbing three floors to the bedroom, when each floor could have been of about 15 square meters - like in the case of Groşerea.

Reference list

Antonescu, Teohari. 1907. «*Iaraş originea culelor?». I*n *Convorbiri literare, XLI, nr. 12. Bucureşti: Institutul de arte grafice CAROL GOBL.*

Antonescu, Teohari. 1907a. «Culele sunt sau nu nationale?». In *Convorbiri literare.* XLI. *Bucureşti: Institutul de arte grafice CAROL GOBL.*

Antoniu, Alexandru. 1901. *Album general al României: compus din 300 de tablouri reprezentînd monumentele istorice şi contimporane, posişiuni pitoresci, domeniul coronei şi*

costume naţionale: cu descriirea istoricã şi pitoreascã. Dresda/Berlin: Stengel&Co.

Atanasescu, Iancu & Grama, Valeriu. 1974. *Culele din Oltenia*. Craiova: Scrisul Romanesc.

Balş, Ştefan. 1954. Vechi locuinţe boiereşti din Gorj in *Studii şi cercetãri de istoria artei. nr. 3-4. Bucureşti:* Academia Republicii Populare Române; Institutul de Istoria Artei.

Bãrcãcilã, Alexandru,. 1927. Însemnãri din Gorj in *Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice.Bucureşti: Inst. de arte grafice CAROL GOBL.* XX.

Brãtulescu, Victor. 1933. Biserica şi cula din Racoviţã-Muscel in *Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice. Bucureşti: Institutul de arte grafice CAROL GOBL.*

Buga, D., Cucuta, C. & Suciu, M.. 2002. *Dicţionar geografic al Judeţului Gorj*. Târgu Jiu: Societatea de Geografie din România. Filiala Gorj.

Cãrãbiş, Vasile. 1995. Istoria Gorjului. Bucureşti: Editis.

Cãrãbiş, Vasile, 2002. Morile şi pivele de pe Valea Jaleşului. Târgu Jiu: Centrul Judeţean al Creaţiei Populare Gorj.

Creţeanu, Radu, Creţeanu, Sarmiza. 1969. Culele din România. Bucureşti: Meridiane.

Curinschi-Vorona. 1981. *Istoria arhitecturii în România. Bucureşti: Ed. Tehnica.*

Davidescu, Mişu. 1964. Monumente istorice din Oltenia. Bucureşti:Meridiane.

Drãghiceanu, Virgil N.. 1931. Câteva monumente din Muntenia in *Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice. Bucureşti: I*nst. de arte grafice CAROL GOBL.

Drãghiceanu, Virgil N.. 1931a. Monumente istorice din Oltenia. Raport din anul 1921 in *Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice.Bucureşti: Inst. de arte grafice CAROL GOBL.*

Drãguţ, Vasile. 2000. Arta româneascã. Bucureşti: Vremea.

Enache, Ştefan & Pleşa, T.. 1982. Zona etnograficã Dolj. Bucureşti: Sport Turism.

Focşa, Gheorghe. 1954. Elemente decorative în arhitectura popularã din zona etnograficã a Jiului de Sus in *Studii şi cercetãri de istoria artei. Nr. 3-4. Bucureşti:* Academia Republicii Populare Române -Institutul de Istoria Artei.

Focşa, Gheorghe & Godea, Ion.2002. Arhitectura Gorjului. Timişoara: Editura de Vest.

Focşeneanu, Ion. 1963. Trei cule din Oltenia in *Arhitectura R.P.R..* Nr. 4/1963. *Bucureşti.*

Gheorghiu, Teodor Octavian. 1985. *Arhitectura medievala de apãrare din Romania. Bucuresti: Ed. Tehnicã.*

Ghika-Budeşti, Nicolae. 1936. Evoluţia arhitecturii în Muntenia şi Oltenia in *Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice. Bucureşti: Inst. de arte grafice CAROL GOBL.*

Giurescu, Constantin C.. 1913. *Material pentru istoria Olteniei supt austrieci. vol. II. 1726-1732. Bucureşti: Gutenberg.*

Godea, Ion. 2006. *Culele din Romania – tezaur de arhitectura europeanã. Timişoara: Editura de Vest.*

Golescu, Maria. 1943. *Un architect român de la începutul veacului al XIX-lea* in *Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice. Bucureşti: Inst. de arte grafice CAROL GOBL.*

Greceanu, Olga N.. 1937. *Cula din Mãldãreşti. Bucureşti: Institutul de arte grafice Triumful.*

Ionescu, Grigore. 1965. *Istoria arhitecturii* in *Istoria României. Vol III. Bucureşti: Editura Academiei.*

Ionescu, Grigore. 1971. *Arhitectura popularã în România. Bucureşti: Meridiane.*

Ionescu, Grigore. 1981. *Arhitectura pe teritoriul României de-a lungul veacurilor. Bucureşti:* Editura Academiei.

Ionescu, Grigore. 1986. *Arhitectura româneasca. Tipologii. Creaţii. Creatori. Bucureşti: Editura Tehnicã.*

Janeke, Wilhelm. 1932. *Casã ţãrãneascã şi casã boiereascã în România. Bucureşti: Ed. Casei Şcoalelor.*

Janeke, Wilhelm. 1918. *Das Rumanische Bauerin – und Bojarenhaus. Bucureşti: Konig Carol-Verlag.*

Joja, Constantin. 1989. *Arhitectura româneascã în context European. Bucureşti: Ed. Tehnicã.*

Machat, Cristoph. 1995, *Denkt.maler in Rumanien*. Munchen: Icomos Nationalkomitee der Bundesrepublik Deutschland.

Mendrea, Sandu. 1966. *Culele de la Mãldãreşti*. *Bucureşti: Meridiane.*

Nicolescu, Corina. 1954. *Locuinţe domneşti în cuprinsul mãnãstirilor în veacurile XV-XVII* in *Studii şi cercetãri de istoria artei*. Nr. 3-4. *Bucureşti: Academia Republicii* Populare Române.Institutul de Istoria Artei.

Puşcarius, Sextil. 1904. *Studii şi notiţe filologice* in *Convorbiri literare.* XXXVIII. Nr. 12. *Bucureşti: Inst. de arte grafice CAROL GOBL.*

Rãdulescu - Codin, C.. 1910. Din trecutul nostru: Legende, tradiţii şi amintiri istorice. Bucureşti: Editura Cartea Româneascã.

Şãineanu, Lazar. 1900. *Influenţa orientalã asupra limbii şi culturii române.* Vol. 2. Bucuresci: Editura Librariei Socecu.

Stahl, Henri H. & STAHL H. Paul. 1968. *Civilizaţia vechilor sate româneşti.* Bucureşti: *Ed. Ştiinţificã.*

Stahl, Paul H.. 1957. *Locuinţele ţãrãneşti cu douã caturi la români* in *Studii şi cercetãri de istoria artei*. Nr. 3-4. *Anul X. Bucureşti: Academia Republicii Populare Române. Institutul de Istoria Artei.*

Stahl Paul H.. 1963. *Vechi case şi biserici de lemn din Muntenia* in *Studii şi cercetãri de istoria artei*. Nr. 2. *Anul X. Bucureşti: Academia Republicii Populare Române. Institutul de Istoria Artei.*

Ştefulescu, Alexandru. 1904. *Gorjul istoric şi pitoresc.* Târgu Jiu: Tipografia Nicu *D. Miloşescu.*

Ştefulescu, Alexandru. 1905. Cãlãuza Gorjului. Târgu Jiu: Ed. *Librãriei Nicu D. Miloşescu.*

Ştefulescu, Alexandru. 1906. *Istoria Tîrgu Jiului. Tîrgu Jiu: Tipografia Nicu D. Miloşescu.*

Stoicescu, Nicolae. 1970. *Bibliografia localităţilor şi monumentelor feudale din România.* Craiova: Mitropolia Olteniei.

Theodorian – Carada, Marius. 1920. *Din frământările trecutului. Bucureşti: Gutenberg.*

Trajanescu, I. D.. 1912. *Biserica şi culele din Măldăreşti (Vâlcea)* in *Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice. Anul V. Bucureşti: Inst. de arte grafice CAROL GOBL.*

Tzigara-Samurcaş, Al.. 1909. *Arta în România. Bucureşti: Ed.* Minerva.

Vătăşianu, Virgil. 1974. *Metodica cercetării în istoria artei. Bucureşti: Editura Meridiane.*

Voinescu, Ion. 1908. *Monumente de artă tărănească din Romania. Bucureşti: CAROL GOBL.*

Zamora, Luiza & Bonciocat, Şerban. 2007. *Cule: case boiereşti fortificate din România. Iind edition. Bucureşti: Igloo.*

De la teoría a la práctica: evolución de un patrón geométrico en el mundo árabe

Irene Crespo Robledano
Leyre Martínez de Alegría Sáenz de Castillo.

La relación entre las ciencias matemáticas y las artes en la cultura islámica han sido muy estudiadas, sin embargo, se desconoce el origen del interés por resolver los patrones geométricos que aplicarán a todos sus elementos ornamentales-arquitectónicos. Por tanto, existen distintas interpretaciones acerca de su procedencia:[1]

- Racionalismo Griego: Esta teoría se basa en las influencias transmitidas desde el mundo griego al islámico. La idea racionalista griega de la búsqueda del modo de ordenar el mundo, pudo ser el origen del interés por encontrar un único elemento base, para que en la interrelación entre ellos, fueran capaces de describirlo todo.
- Multiplicidad del Creador: Expresión *extendida durante el s. XIX acerca de los discursos orientalistas*. En este aspecto, se reclama la existencia de un único elemento que justifique la visión global de la comunidad musulmana remitiendo a la figura del *umma.*[2]
- Esta corriente determina que el individuo comprende las formas matemáticas con el fin de simbolizar o ilustrar su propia cosmología a partir de un único elemento base, además es capaz de describirla mediante la repetición y variación hasta el infinito. De esta forma, al no poder hacer representaciones figurativas, sirve también como sistema de orientación teológica hacia la comunidad de fieles.
- El origen no sólo se toma directamente de la visión atomista del universo, sino también de la repetición verbal en la práctica Sufita, mediante la cual se consigue llegar al éxtasis y a una meditación mística. Se aplican esos sistemas repetitivos para representar las grandezas de la religión y expresar así las maravillas de la divina creación.

A la hora de estudiar las leyes geométricas que resuelven la arquitectura islámica, se cuenta con poca documentación original, debido al secretismo que rodeaba las *logias*. Éstos se encuentran representados mediante sistemas codificados, los cuales únicamente eran entendidos por los maestros.

Los documentos originales conservados, principalmente realizados por matemáticos, están escritos en lenguas árabes y persas, por lo que las traducciones literarias que acompañan los conceptos técnicos suponen una interpretación del texto original.[3]

La copia o reelaboración de los documentos a lo largo del tiempo, ha provocado la pérdida de datos esenciales. Además las traducciones posteriores hacen que se hayan perdido matices en terminología técnica o connotaciones del lenguaje.

Otras complicaciones a la hora de analizar la documentación, es la falta de datación de los archivos encontrados, debido a la falta de referencias claras del momento de creación. Por otra parte, al ser documentos reutilizados a lo largo del tiempo, no es posible aplicarles las técnicas actuales de datación, ya que un mismo documento puede estar escrito en un periodo que oscila un siglo.

Transmisión de la información

Los conocimientos en arquitectura se transmiten teniendo en cuenta las relaciones entre tradición, religión, su dispersión y la localización de los lugares donde se dan los ejemplos más característicos. Por ello podemos definir esta arquitectura como policéntrica, es decir, con varios núcleos principales de partida en su expansión.

El conocimiento teórico y los avances técnicos utilizados en la construcción no siguieron una trayectoria lineal y única, dando origen a distintos métodos de transmisión:

Verbal + Ejemplos (s.X – s.XV)

Método en el que el maestro enseña a sus aprendices el oficio y la forma en la que se han de resolver los distintos problemas planteados en obra. Todas las soluciones geométricas que se adoptan se harán mediante sistemas de proporción basados en las medidas de la construcción original. No son métodos precisos, pero son viables por la tradición y los sistemas técnicos de la época. Los distintos avances producidos no correspondieron a ninguna ley geométrica o teórica, sino que son debidos al sistema de prueba y error propio de la construcción.

Mediante éste sistema dos podían ser los motivos del aprendizaje y evolución, por una parte escalando y midiendo los edificios ya levantados, siendo la base de la nueva construcción. O por otra parte, representando las construcciones conocidas, interpretando y analizando su proceso de levantamiento.

La forma de transmitir estos conocimientos a los aprendices se producía de dos maneras distintas, dependiendo de la localización del emisor y del receptor:

– Si emisor y receptor se encuentran en la misma localización. Suponen un sistema de representación personal, en el que cada maestro utiliza sus propias herramientas para transmitir los conocimientos, se basa en su propia experiencia sobre modelos anteriores.
– Si emisor y receptor no se encuentran en la misma localización. No se han encontrado ejemplos de cómo se producía la transmisión, pero según se cita en algunos textos se intuye que se realizaban mediante el levantamiento de maquetas o modelos.

A lo largo de todo el territorio se encuentran ejemplos en los que la copia y la datación del edificio nos da una idea de la evolución del patrón. Por ejemplo la Gran Mezquita de Damasco (707-714) ha sido motivo base para la realización de la Mezquita de Isfahán (1070-1075), la de Zawara (1135-1136) y la de Ardistán (1158-1160).

Visual + Planos

Dentro de los sistemas de transmisión de documentación gráfica, será la introducción y sistematización en la utilización del papel lo que suponga un cambio sustancial en la concepción de las obras.

En la época anterior al papel todavía no existían sistemas de representación universales, por lo que el

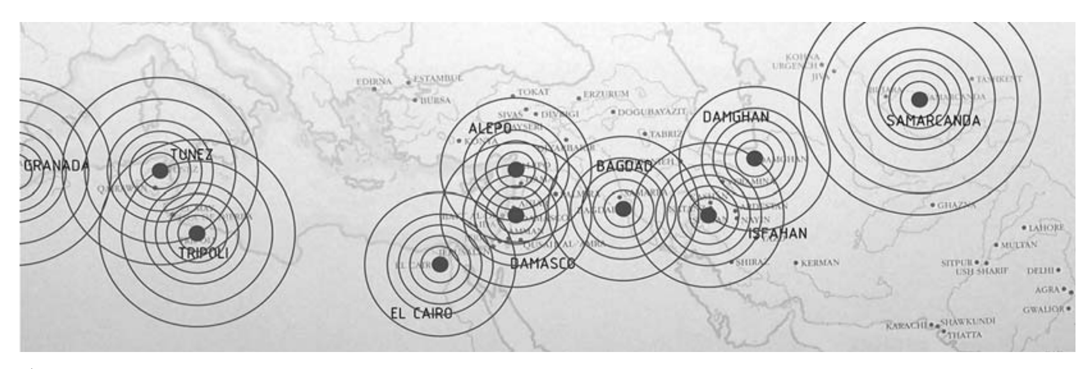


Figura 1
Principales centros desde donde comienza la transmisión de la información de la arquitectura persa

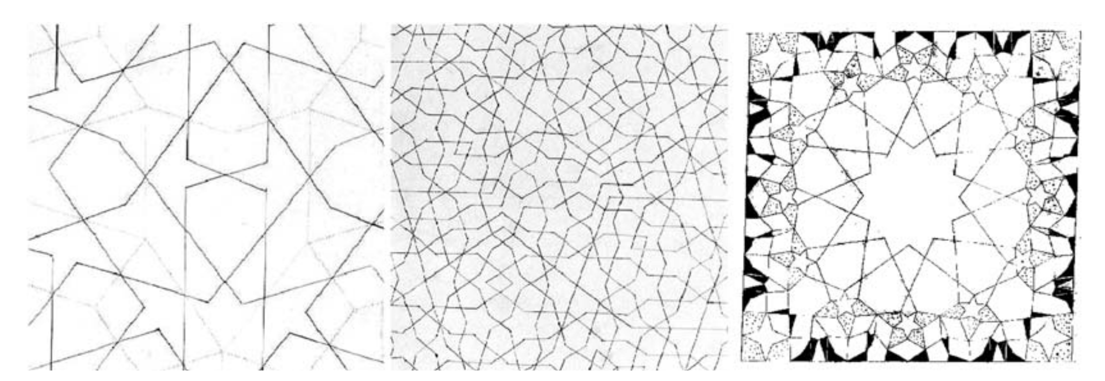


Figura 2
Construcción de un patrón sencillo, combinación compleja del mismo y representación de una bóveda de mocárabes

área de influencia del artesano dada por su movilidad, sería la que limitaría la transmisión de los avances y soluciones adoptadas en las obras cercanas.

Se tiene constancia de la existencia de algún sistema gráfico, ya que aparecen inscripciones en diversas obras con consideraciones acerca de las medidas totales y las proporciones de las partes que lo compone.

La introducción del papel en el mundo islámico se produjo por los prisioneros chinos en el s.VIII, el papel de trapo. La conquista Mongola de Irán y Turán en (1220) permitió la disponibilidad y la difusión de este tipo de papel a todo el territorio, incluso del gran formato, así estos dos lugares se convirtieron en el núcleo de partida del conocimiento arquitectónico hacia el resto del mundo. Tal y como indican Golombek y Wilber: «La virtuosidad de la arquitectura Timúrida[4] no se expresa en los tipos estructurales, ni en las nuevas tipologías, sino en la experimentación de la decoración y en la variedad de bóvedas». (Golombek y Wilber 1991, vol. 23).

Éstos fueron los dos grandes acontecimientos que sustituyeron el papiro como medio de transmisión, sistema que a pesar de su coste, estaba muy difundido. Hasta la aparición del *gran formato en el s. XIV,* la utilización del papel no supuso grandes avances en las técnicas, ya que se reutilizaba una y otra vez y no había muchas diferencias con respecto al papiro.

Sin embargo, a partir del gran formato localizado en Irán y Turán, es decir, a partir de la aparición de la producción de elementos continuos o scrolls, será cuando se den los mayores cambios a todos los niveles en la arquitectura islámica, ya que por una parte supone un cambio de mentalidad, pues se empieza a entender como un nuevo sistema de comunicación y de transmisión de información y por otra, comenzará el interés por la transmisión y difusión de los conocimientos teóricos de geometría, hasta ahora sólo en manos de matemáticos teóricos, además de su aplicación para solucionar los problemas planteados en obra.

Estas nuevas posibilidades de difusión permiten que se empiecen a plantear los primeros sistemas de representación y codificación colectivos, es decir, la homogeneidad en la manera de comunicar el conocimiento, lo que implicará una profesionalización de los trabajos. A partir de entonces no será lo mismo saber leer o interpretar el nuevo lenguaje codificado, que saber construir cada uno de los elementos, motivo por el cual aparece la figura del arquitecto como organizador de los distintos oficios que intervienen en una obra.

En la búsqueda de representación o convenciones gráficas comunes se experimentará principalmente con elementos que hasta entonces no habían sido capaces de ser representados, como por ejemplo ornamentos geométricos, la representación en planta del levantamiento de mocárabes y en definitiva la tercera dimensión.

Entre todos los document*os escritos destaca el Topkapi Scroll, o los de Taschen, ambos en continuo estudio desde su descubrimiento (Necipoðlu 1999).*

Estos documentos pueden ser tratados como catálogos codificados, los cuales indican los métodos de construcción de las cúpulas y motivos decorativos. Servían tanto como medio de transmisión, como guía in-situ. Son métodos de estandarización que dejan hueco a la improvisación, como apuntaba Shelby:[5]



Figura 3
Imagen ejemplo de una de las series de la Topkapi Scroll

> Más que ser una geometría para matemáticos, este recurso fue la forma de visualizar los elementos arquitectónicos mediante formas geométricas para los canteros (Shelby 1972, 178).

Los diseño*s más antiguos que se conservan pertenecen al s. XVI* y se encuentran agrupados *en un rollo o* scroll en papel de Samarcanda. Se compone de distintas series de dibujos: La primera de ellas está realizada en cuadrados de piezas coloreadas que forman diseños geométricos con inscripciones cúficas. La segunda parte corresponde a una colección de tres plantas cuadradas con la proyección plana de la construcción de tres cuartos de una bóveda de mocárabes. Por otra parte, otras series se centran en describir bóvedas de arcos cruzados acompañados de posibles ornamentaciones y de pequeñas anotaciones escritas.

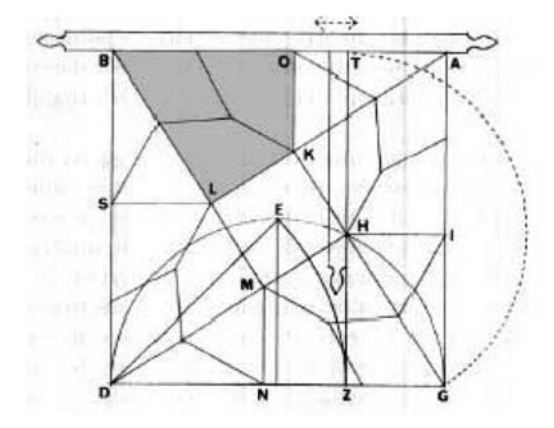


Figura 4
Ejemplo visual de método práctico (Ozdural 1996, vol.13)

En este rollo los diseños cromáticos son sombreados, en el que cada color tendría una correspondencia con un tipo de pieza y con una altura, de tal forma que a pesar de no conocer la representación de dichas cúpulas en tres dimensiones, con estas gamas cromáticas conseguían ir describiendo por planos la construcción general.

GEOMETRÍA TEÓRICA: TRATADOS

La documentación original encontrada acerca de la búsqueda teórica de una solución al trazado de los distintos problemas geométricos son principalmente escrita y gráfica.

La primera de ellas pertenece a manuscritos realizados por matemáticos, los cuales resuelven de forma precisa los problemas planteados y no tienen ninguna aplicación práctica. Por otra parte la segunda, atribuida a diseños arquitectónicos y decorativos sin textos explicativos. Éstos pueden haber sido realizados tanto por artesanos como matemáticos, dependiendo del grado de exactitud que proporcione el autor.

De todos los métodos de cálculo existentes para la resolución de los problemas geométricos, se han analizado tres tratados, los cuales partirán como la base del motivo o patrón estudiado a continuación a modo de ejemplo.

Abu΄l Wafa (Matemático teórico, 940 – 998)

Astrónomo y matemático islámico cuyo trabajo se basa principalmente en trazar procedimientos básicos de geometría para crear unos módulos base que pos-

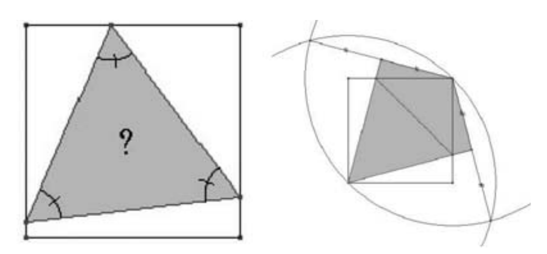


Figura 5
Método de inscribir un triángulo equilátero en un cuadrado

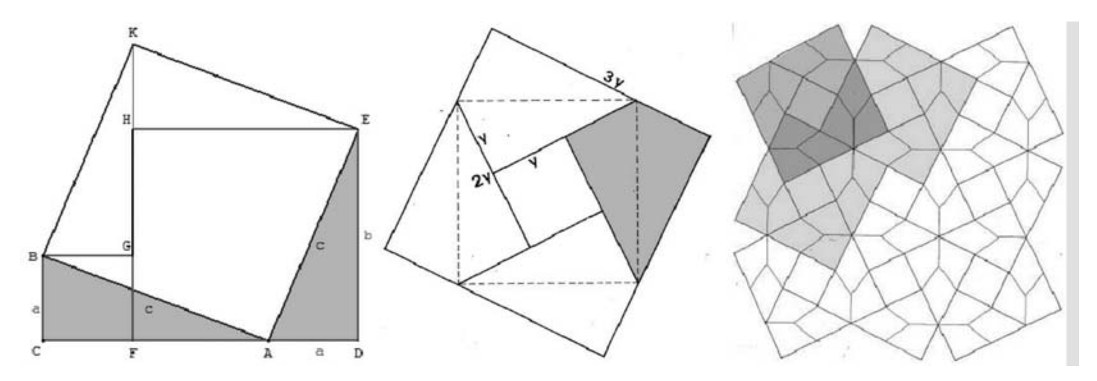


Figura 6
Formación del módulo base a través del giro, abatimiento y repetición del cuadrado

teriormente, mediante la combinación y la repetición, generará motivos geométricos complejos.

Todo su trabajo está descrito mediante procedimientos muy teóricos y técnicos, así se deduce que no tenía ninguna preocupación porque las soluciones planteadas tuvieran alguna salida práctica. Su trabajo está escrito en persa, lo que le permitió obtener una gran difusión en todo el imperio y sería fuente de investigación para otros matemáticos y astrónomos coetáneos.

Una de sus mayores aportaciones a los descubrimientos matemáticos fue el método de inscribir un triángulo equilátero en un cuadrado. Para ello la instrumentación básica de trabajo son la regla y el compás.

Hay fuentes donde se expresa que el trabajo de Abu´l Wafa fue utilizado por los artesanos a modo de recetario, esto es, la reproducción de las geometrías mediante sus propias herramientas de conocimiento, proporciones y tradiciones. Sin embargo, no se toma como hecho muy probable, ya que el lenguaje y las expresiones gráficas utilizadas por Abu´l Wafa son producto de un lenguaje técnico que no era capaz de ser comprendido por los maestros artesanos.

Cabe destacar su interés por el cálculo de las áreas de las piezas descompuestas, lo que le llevó a estudiar las propiedades de los cuadriláteros regulares, produciendo métodos para hallar cuadrados proporcionales a otro dado, dependiendo del ángulo girado inicialmente.

Omar Khayyam (Teórico matemático relacionado con artesanos, 1048 – 1122)

Estudioso islámico que trabajó en distintos campos de conocimiento, matemático, poeta, astrónomo e incluso hizo aportaciones a la hora de realizar la reforma del calendario lunar.

No supuso un avance significativo en aspectos matemáticos, sin embargo es imprescindible su figura,

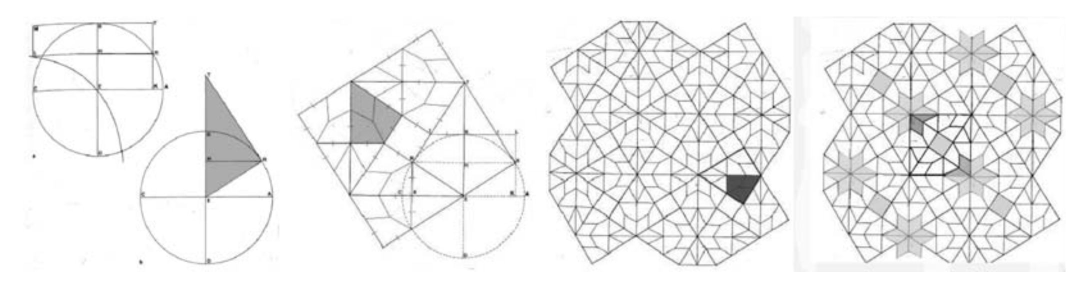


Figura 7
Formación del módulo base a través del cuadrado y del círculo, abatimiento y repetición para conformar un patrón decorativo

ya que gracias a su interés por la transmisión de conocimientos entre matemáticos y artesanos se han podido analizar las intervenciones que conocemos en las obras construidas en estos periodos.

Para conseguir esa transmisión de conocimiento, se realizaban *conversazioni* entre matemáticos y artesanos. Estas conversaciones se producían con motivo de la construcción de alguna obra importante, en la que eran invitados tanto matemáticos como los propios artesanos de la obra para encontrar la mejor solución a los problemas geométricos que se estaban produciendo. (Ozdural 1995, vol.54, 54-71)

Un ejemplo muy significativo es el que destaca Omar Khayyam en su obra, donde él mismo fue invitado a una de éstas conversaciones, producida con motivo de la construcción del Gran Observatorio de Saljukid Sultan Malikshãh (1074).

Tras ellas, en 1075, escribirá un tratado en el que de respuesta a los problemas que se habían planteado. Por la forma de expresión, se piensa que se trata de un texto dirigido a alguien de la corte o de cierto estatus social, pero aunque se desconoce a quien va dirigido, varias publicaciones admiten que pudo ser para el hijo del Tesorero, que ejercía de arquitecto en la obra.

En este texto Omar Khayyam hace una crítica al mal trabajo que realizaban los artesanos y expone su disconformidad respecto a su forma de solventar los problemas. Según él los artesanos intentan resolverlos sin ningún conocimiento teórico inicial, por lo que se producen una concatenación de errores graves, éstos pudieron dar origen a serios problemas de derrumbamiento en las obras.

Así observó que el único medio para que los avances matemáticos se introdujeran en la arquitectura era mediante la aportación de guías de trabajo. Estas nuevas recetas se denominarían *verging construction o neusis*,[7] esto es, soluciones reducidas o procedimientos mecánicos de los matemáticos a los artesanos.

Por tanto, los artesanos únicamente debían seguir las pautas y los procedimientos indicados en estos catálogos estandarizados para la creación de los patrones constructivos.

Texto anónimo (se fecha entre los ss. XII y XV)

Se trata de un conjunto de dibujos geométricos sin texto explicativo alguno, sólo con alguna anotación a preguntas planteadas o soluciones adoptadas. Es una colección de construcciones geométricas libremente agrupadas en temas sin un desarrollo claro. Debido a su ordenación y los procedimientos utilizados para su trazado, para cada uno de los documentos gráficos se diferencian dos posibles profesiones:

- Figuras que se atribuyen a matemáticos: Siguen métodos precisos de trazado, a pesar de que por la forma de transmisión se hayan perdido algunos matices de su construcción. Además se trata de soluciones teóricas, que no corresponden a ninguna solución práctica. Se definen como rompecabezas geométricos o jiqsaw puzzle.
- Construcciones atribuidas a artesanos: Se trata de métodos de trazado producidos en las sesiones de trabajo o working sessions, esto es, soluciones geométricas realizadas a pie de obra para dar respuesta a problemas de aplicación directa. Estas figuras se realizan siguiendo métodos proporcionales y por tanto aproximados, por lo que se reafirma que fueron realizadas por artesanos, ya que en ellas se pueden ver las carencias teóricas de las cuales partían.

Además se pueden diferenciar los fines para los que se realizaron este tipo de documentos:

Inicialmente se encuentran los manuscritos que analizan las teorías de la descomposición de las figuras geométricas y la composición de patrones de mayor elaboración, coincidiendo con las búsquedas teóricas de los matemáticos, como por ejemplo la obra de Abu´l Wafa.

Posteriormente las figuras procedentes de las neusis o verging constructions, es decir, de las simplificaciones producidas por los matemáticos para transmitir sus conocimientos a los artesanos con mayor facilidad. Aquí se recomiendan herramientas de trabajo como la T-Ruler[8] que deberían utilizar los artesanos para una ejecución más exacta. En este caso sería destacable el trabajo de Omar Khayyam.

Finalmente se distinguen las figuras levantadas según métodos aproximados y derivados de las leyes proporcionales y de la tradición. Estas construcciones son atribuidas a los artesanos como construcciones realizadas para el levantamiento en obra de los diseños geométricos.

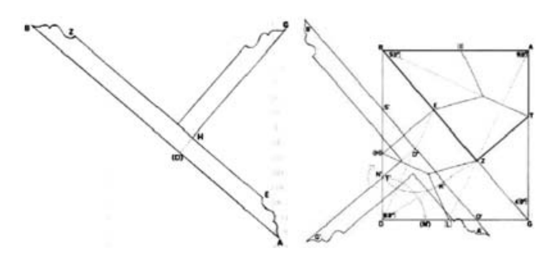


Figura 8
Desarrollo geométrico del patrón a partir de la T-Ruler

Las diferencias de entendimiento de los métodos de levantamiento de las construcciones geométricas, hacían posibles distintas relaciones interprofesionales entre los artesanos y los representantes de las ciencias más exactas, como:

- Artesano vs. Matemático*:* Los matemáticos proporcionaban a los artesanos métodos y soluciones precisas para los planteamientos iniciales. A pesar de ello, los artesanos preferían ceñirse a las soluciones tradicionales y por tanto a la utilización de los métodos aproximados. Este hecho ha provocado que, desde siempre, los artesanos hayan sido muy criticados por los grandes fallos y errores cometidos durante los replanteos en obra.
- Artesano vs. Científico: Las relaciones profesionales entre estos dos campos sin embargo siempre han sido satisfactorias, debido a que los artesanos seguían fehacientemente las instrucciones de los científicos. Éstos únicamente se encargaban de la elaboración de los utensilios y herramientas necesarias para llevar acabo la labor de los científicos.

Geometría práctica

En última instancia, todo el esfuerzo invertido en la teorización de las geometrías y el espacio, en la realización de complejos tratados, las conversaciones entre profesionales y las técnicas constructivas existentes en el momento, tienen como finalidad la creación de un elemento terminado, tangible y útil para la necesidad generada en un principio.

Estos elementos resultantes se plasman tanto en la visión plana, como en la búsqueda de la tercera dimensión.

Geometría 2D: desde el patrón al ornamento

Se entiende como la aplicación más primitiva, pues la traslación de los documentos en soporte papel en otras superficies planas, tanto verticales como horizontales, constituye la forma más directa, intuitiva y expresiva de los patrones.

Siguiendo con el ejemplo de los rombos y sus propiedades geométricas, proponemos una posible aplicación ornamental. La forma en la que figura rombo base se extiende sobre las superficies es mediante las técnicas de rotación, simetría, o traslación y la utilización de la repetición como método de expansión de planos, pudiendo llegar a generar miles de patrones y motivos decorativos.

Además, un mismo modelo ejecutado con distintas técnicas sobre distintos materiales como son yeso, madera, piezas cerámicas y telas proporcionan sensaciones dispares en aras de la experimentación ornamental, desarrollo de la creatividad y gusto estético.

Dentro de los múltiples modelos posibles que se generan a partir del ejemplo anterior, se elige uno de ellos con aplicación real, en este caso sobre el Iwan de la mezquita de Isfahán.

Existen distintos patrones que proporcionan diversos ornamentos: desde el patrón ortogonal, ba-

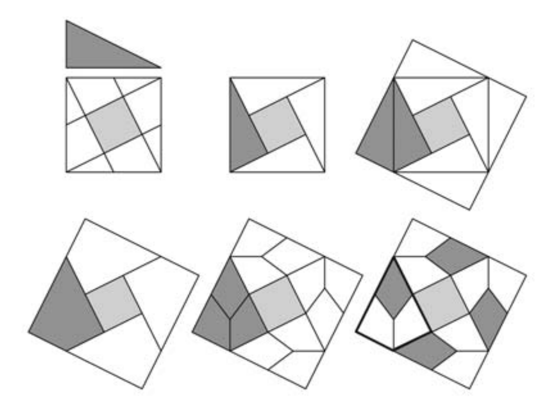


Figura 9
Ejemplo geométrico del patrón elegido para su desarrollo ornamental



Figura 10
Ejemplo real aplicado, Iwan de la mezquita de Isfahán

sado en el cuadrado de Abu´l Wafa; hasta el que genera combinaciones de decágonos y pentágonos.

La elaboración de este tipo de modelos ornamentales, no depende de la religión, cultura, nivel de conocimiento o localización tiempo-espacio, lo cual permite la libertad de cambio y desarrollo de las técnicas.

De esta forma, en la actualidad también observamos a ciertos autores que se basan en las mismas reglas para generar motivos. Entre ellos, Escher.

Geometría 3D: evolución tridimensional del patrón

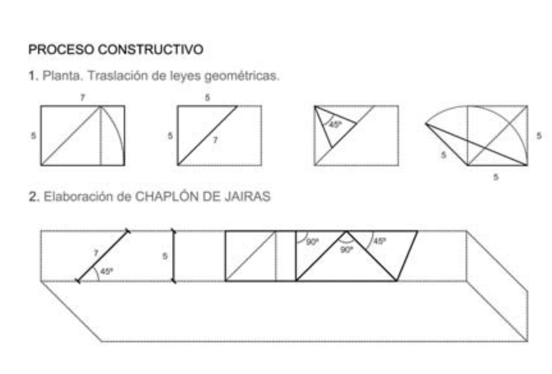
La siguiente etapa evolutiva de os motivos ornamentales es la aplicación en superficies no planas. En este caso su desarrollo no se ha producido de forma directa mediante la proyección de patrones sobre las superficies, sino que el propio ornamento se convierte en el elemento constructivo capaz de multiplicarse hasta el infinito conformando grandiosos espacios.

Uno de los ejemplos más significativos de la evolución tridimensional, lo encontramos en los cerramientos abovedados, mediante la multiplicidad de piezas sencillas denominadas mocárabes.

A diferencia de los métodos planos, la representación de los mocárabes necesita unos medios gráficos capaces de distinguir alturas o cotas, por ello resulta una geometría muy complicada de entender. Pero al igual que el más complejo de los ornamentos en dos dimensiones, éstas siguen una regla fija que les da un orden y coherencia aunque el conjunto parezca caótico y sin sentido, pero hermoso a la vez.

Para la elaboración de la bóveda, se deberá elegir en primer lugar el modelo en planta que dibujarán toda la serie de mocárabes, compuesto por triángulos y rectángulos. Dependiendo de la malla inicial, las piezas serán distintas, generando distintas sensaciones y formas aéreas.

Se distinguen tres tipos de mallas iniciales: los que parten de la malla ortogonal, que se basan en la geometría teórica explicada en este trabajo. Los que se basan en la geometría radial, normal-



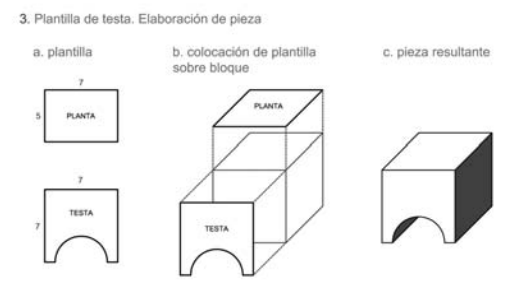




Figura 11
Proceso constructivo de los elementos auxiliares

Figuras 12 y 13
Representación de dos de los tipos de piezas base de mocárabes, diferenciadas según su planta generadora

mente rematados con bóvedas gallonadas y por último las triangulares, que no parten de una malla regular.

Las figuras en dos dimensiones generadas, se combinan entre si formando otras mas complejas que son levantadas en tres dimensiones, recibiendo unos nombres característicos.

Una vez realizadas estas piezas en arenisca, escayola o madera, se opta por irlas colocando según un orden previo alrededor de la pieza inicial.

Los sistemas de unión entre piezas dependen de su material, las de madera estarán unidas mediante cola o ancladas entre ellas y en el caso de escayola, la unión se realizará mediante mortero. A su vez, las piezas irán acortando su cuerpo superior, para que las hiladas sucesivas sean cada vez más altas y conformen la bóveda.

Muchos han sido los autores interesados en generar documentos capaces de representar las cotas de los mocárabes, desde la antigüedad los códigos de colores ayudaban a la interpretación de las mismas, sin embargo actualmente, con los métodos de cad, es más sencillo ver y manipular estas superficies, al igual que poder completar los patrones e interpretar la construcción y su restitución de forma casi certera.

Al igual que los artesanos en la antigüedad, la investigación sobre los documentos encontrados se basa en nuestras propias interpretaciones, sin poder llegar a comprender completamente todo su significado, pero siguiendo nuestra propia intuición, tradición y medios al alcance.

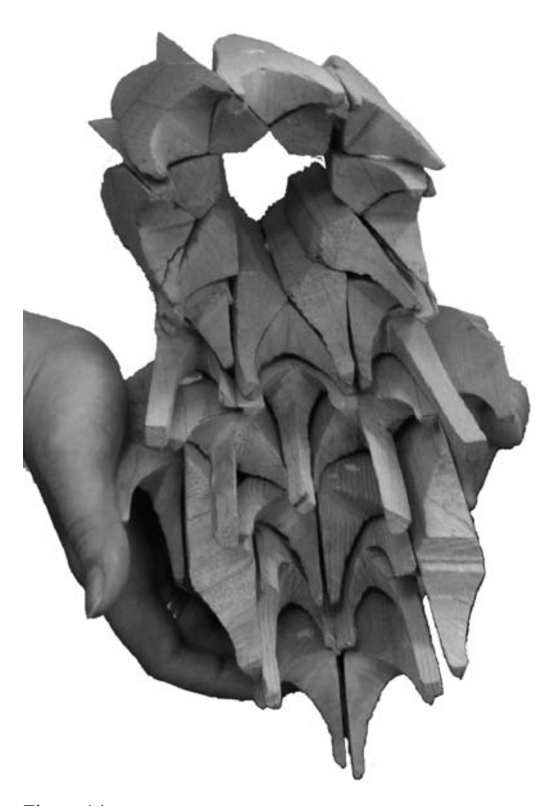


Figura 14
Construcción formal de maqueta

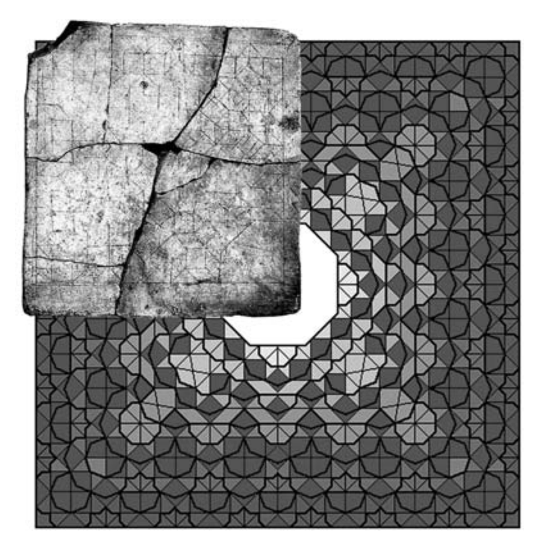


Figura 15
Restitución de bóveda a partir de documento gráfico conservado

NOTAS

1. Teorías ex*presadas por Necipoƌlu en las que recoge interpretaciones propias y otras expuestas por Oleg Grabar y Al-Ghazali. (Necipoƌlu 1999).
2. *Umma,* se trata de un conjunto de creyentes en Alá y en su profeta Mahoma que forman la comunidad musulmana. Esta fe une a todos los creyentes, sea cual sea su raza, origen o medio social. Todos los pertenecientes a esta comunidad son tratados como iguales, sin hacer ninguna distinción de estatus o cargos.
3. Ejemplo de las mismas son las equivocaciones producidas en las traducciones en texto de Necipoƌlu. *(Necipoƌlu 1999).*
4. La dinastía Timúrida (1370–1506) fue fundada por Timur (conocido en occidente como Tamerlán) que conquistó Asia central y tuvo como capital la ciudad de Samarcanda. (Martín 1998)
5. Hace referencia a la importancia del manual de Buzajani sobre el diseño geométrico en la arquitectura islámica medieval. (Shelby 1972, 178).
6. Representaciones geométricas simplificadas según los patrones del triángulo de Omar Khayyam. (Ozdural 1996, vol. 13).
7. Las sesiones de trabajo corresponden a la documentación grafica encontrada que se refiere a los modelos de soluciones que cada uno de los participantes en las *conversazioni* daba al problema geométrico planteado. (Ozdural 1996, vol. 13).
8. La T-Ruler: instrumento dado por los matemáticos a los artesanos que les permitía dibujar formas cónicas. Instrumento similar a nuestro cartabón, sin embargo, se desconoce si los artesanos lo utilizaban también para trazar rectas y perpendiculares o únicamente se usaba para hacer secciones cúbicas. (Ozdural 1996, vol. 13).

LISTA DE REFERENCIAS

Bloom, Jonathan M. 1993. «On the Transmission of Designs in Early Islamic Architecture». *Muqarnas*, 10: 21-27.

Chmelnizki, Sergei. 1989. «Methods of Constructing Geometric Ornamental Systems in the Cupola of the Alhambra». *Muqarnas*, 6: 43-49.

Grabar, Oleg. 1983. «Reflections on the Study of Islamic Art». *Muqarnas*, 1: 1-14.

Grabar, Oleg. 1988. «An Annual on Islamic Art and Architecture». *Muqarnas,* 5: 169 -182.

Grabar, Oleg. 1996. *La Alhambra: iconografía, formas y valores*; versión castellana de José Luís López Muñoz. Madrid: Alianza.

Gülru Necipoðlu. 1999. «The Topkapi Scroll: Geometry and Ornament in Islamic Architecture». *Journal of American Oriental Society,* 119, 4: 637-645.

Holod, Renata. 1988. *Plan and building: on transmission of architectural knowledge. Transmission of Architectural knowledge.*

Martín Muñoz, Gema. 1998. *El Islám y el mundo árabe: guía didactica para profesores y formadores*. Madrid: Agencia Española de cooperación Internacional.

Meavilla, Vicente. 2007. *Las matemáticas del arte. Inspiración ma(r)temática*. Zaragoza: Almuzara,

Özdural, Alpay. 1990. «Giyaseddin Jemshid El-Kashi and Stalactites». *Journal of the Faculty of architecture, Middle East Technical University*, 10.

Özdural, Alpay. 1991. «Analysis of the Geometry of Stalactites: Buruciye Medrese in Sivas». *Middle East Technical University, Journal of the Faculty of Architecture.*

Özdural, Alpay. 1995. «Omar Khayyam, Mathematicians and Conversazioni with Artesans». *The Journal of the Society of architectural Historians*, 54: 54-71.

Özdural, Alpay. 1996. «On interlocking similar or corresponding figures and ornamental patterns of cubic equations». *Muqarnas*, 13.

Prieto y Vives. 1977. «El arte de la lacería. Capítulo XI: Apuntes de geometría decorativa: Los mocárabes». *Revista Cultura española*. Madrid: Imprenta ibérica.

Shelby, Lon R. 1972. «The Geometrical knowledge of Medieval Master Masons». *Speculum*.

Tabbaa, Yesser. 1985. «The Muqarnas dome: Its Origin and Meaning». *Muqarnas,* 3: 61-74.

Tabbaa, Yasser. 1993. «Survivals and archaisms in the Architecture of Northern Syria», c.a. 1080-1150. *Muqarnas,* 10.

Williams, Christofer. 1974. «Artesanos de lo necesario». Randon House Inc.

Anatomía de la arquitectura: la tecnología de las construcciones en los grabados de Giovan Battista Piranesi (1720-1778)

Maria Grazia D'Amelio
Fabrizio De Cesaris

Una copiosísima literatura se ha ocupado de la obra gráfica de Giambattista Piranesi (Mogliano Veneto 1720-Roma 1778), identificando, tal vez más allá de lo lícito, en su «mente negra», la concepción de las vistas célebres; no se puede considerar una casualidad que en todos los textos haya una referencia constante a su melancolía, en muchos sentidos del vocablo.[1] Los críticos también han debatido para establecer en cuál de los dos lados del tiempo histórico debe estar enmarcado su trabajo, si en el de la disolución del «clásico» o en el de la definición de una nueva estética.[2]

Mucho se ha investigado sobre su virtuosismo en la técnica del grabado, la cual podría ser comparable sólo con la del contemporáneo Giuseppe Vasi (1710-1782), para el cual Piranesi había trabajado en el periodo de su llegada a Roma.

Sin embargo una escasa consideración parece estar reservada a la abundancia de detalles de la arquitectura y la ingeniería hidráulica que aparecen en los grabados de *Antichità Romane* (1756) y *de Della Magnificenza ed Architettura de' Romani* (1761) y en los de las *Rovine del Castello dell'Acqua Giulia* (1761) y de la *Descrizione e Disegno dell'Emissario del Lago di Albano* (1762).

Los títulos de sus libros declaran su interés arqueológico en la investigación de la antigua arquitectura romana, para restituir a los edificios, diseccionados por el tiempo y por la voracidad del hombre, alientos de una vida suplementaria.[3] Piranesi no presenta los restos con un impulso necrófilo, contrariamente, los penetra para capturar las emociones vitales de un pasado grandioso.

Todo esto es aún más cierto cuando se compara con las álgidas imágenes de los edificios de la Roma cristiana, así elaboradas para satisfacer las demandas de los coleccionistas de «souvenir», seducidos por las visiones de una Roma idealizada. Por ejemplo, en las representaciones de los palacios de los siglos XV y XVI (ver los palacios Farnese o Pamphilj), Piranesi se limita a reproducir las capas exteriores, en su definitiva grandeza pero, sin embargo, desvitalizados (figura 1).[4]

Lo mismo puede afirmarse también para los antiguos edificios de su invención, cuyos solemnes espacios interiores parecen inertes por acabados y perfec-

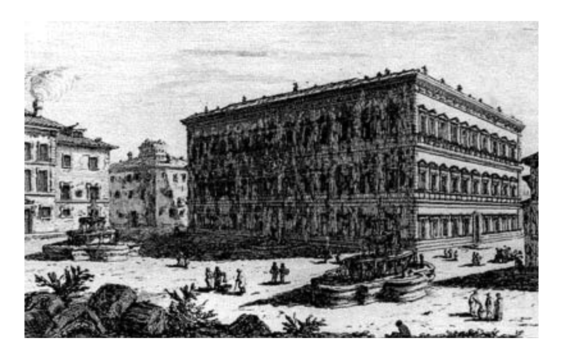


Figura 1
Palazzo Farnese (*Varie vedute di Roma antica e moderna*, 1748)

ción, así como en el «fantástico» templo antiguo imaginado como hibridación entre el Panteón y el períptero de la Diosa Vesta.[5]

Cimentaciones, subestructuras, tabiquería, revestimientos, pavimentos, estructuras de tejados, adoquinados de la red viaria, instalaciones hidráulicas, etc., han sido diseñados por Piranesi con el acriba del fino conocedor del procedimiento constructivo, entrenado en la observación y verificación en los libros, en la excavación y medición de los edificios antiguos, así como en la comparación con los arqueólogos y los viajeros del *Grand Tour.*[6]

Piranesi utiliza la transcripción grafica del levantamiento o las reconstrucciones ideales como si fuese un anatomista ejecutando una autopsia, diseccionando los miembros de la arquitectura levantando la piel y mostrando los músculos, las vísceras, el corazón aún palpitante.

Él inventa un formidable repertorio de «de-construcciones» de la arquitectura entregando, al destinatario de sus grabados, la imagen de una cultura constructiva que, en aquellos años en particular, sufre las primeras sistematizaciones de la aún imberbe ciencia arqueológica.

Adoptando una metáfora relacionada a la percepción multifocal de Erwin Panofsky, se podría argumentar que Piranesi utiliza un ojo, el destinado a la visión de cerca, para capturar la materia viva del monumento mientras utiliza el otro, que capturar las imágenes lejanas de un universo extrañado, para materializar la grandiosidad de la Roma antigua.

En resumen, los grabados de Piranesi están llenos de significados denotativos y connotativos, fluidos y elocuentes para algunos y absolutamente representativos de imágenes reales para los demás.

Al igual que los complejos tipológicos germinados por «cenofobia» y que las ruinas representadas como iconos para ser venerados, incluso el estudio de los detalles constructivos se debe a su compromiso teórico —condensada en el *Parere sull'architettura*, 1765— para sancionar la originalidad de la tradición arquitectónica itálica (antes etrusca y luego romana) confrontada con las civilización artística egipcia y griega[7]. ¿Pero el florilegio de las representaciones de Piranesi puede ser relegado a un medio para preservar un axioma teórico cardinal para la cultura de la época?

¿Se puede considerar arriesgado igualar este *corpus* icnográfico (por otra parte provisto por leyendas y textos) a un tratado de arquitectura?

¿Mejor: la cumplida representación de los detalles arquitectónicos propuesta por Piranesi podría sustituir un ejercicio mental como la lectura del tratado tradicional por una pura apercepción visual la cual es un método abreviado y directo de aprendizaje del código edificador?[8]

El objetivo de este estudio reside es introducirse en las distintas formas de representación de los edificios, sometidos a progresiva destrucción por el tiempo y la acción del hombre, que Piranesi elige para desplegar técnicas y tecnologías constructivas de la Roma antigua, tratando de verificar su verdadero resultado didáctico.

Sin embargo seria conveniente proponer prodrómicamente una excepción al programa de trabajo enunciado poco antes: la identificación del raro grabado (Roma 1764) de Piranesi del Bridge at Blackfriars en Londres diseñado por Robert Mylne (figura 2).[9]

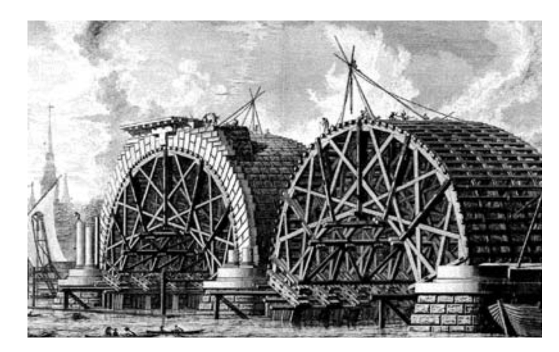


Figura 2
A view of part of the intended bridge at Blackfriars London/in August MDCCLXIII/by Robert Mylne architect engraved by Piranesi at Rome (450↔600 mm)

Este grabado en si mismo representa una excepción, debido a que se refiere a un artefacto en construcción: corresponde a un auténtica obra «de tinta» (para utilizar una eficaz expresión de Antonio Becchi) la cual expone —como en un texto paratáctico— las etapas subsiguientes de la edificación.

De hecho, la fotografía representa tres fases distintas: la primera, el montaje de la sola carpintería de madera para la realización de la bóveda (en la arcada dibujada en primer plano); la segunda, el completamento de la bóveda (en la arcada en segundo plano) y, la tercera, la adjetivación de la construcción con el

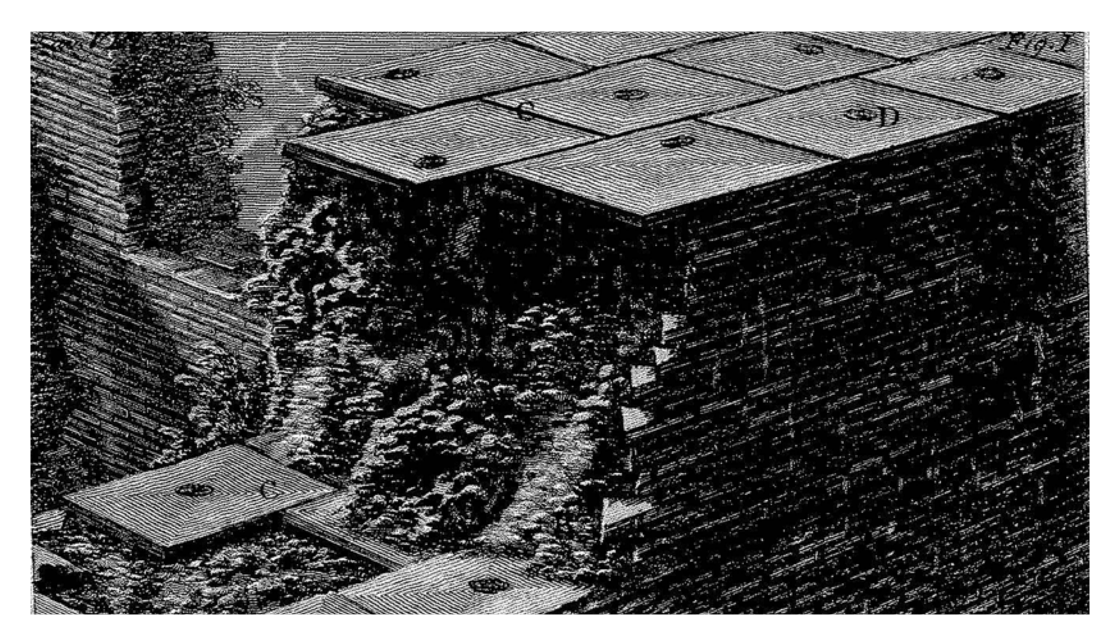


Figura 3
Mura d’Aureliano (110↔190 mm, Piranesi 1756, tomo I, figura 1)

orden arquitectónico (en la parte frontal de la misma arcada en segundo plano).

Están dibujadas también una *antenna* (un palo estabilizado por obenques ancladas al suelo) y dos *capre serrate* (compuestas por tres elementos de madera plantados en los vértices de una base triangular y conectados en la parte superior) con referentes polispastos. Como suele suceder en este tipo de representaciones, hay muchas inconsistencias y excepciones, un ejemplo de estos es que en el segundo arco se menciona un tramo del entramado del puente, anteriormente realizado a pesar de la falta, entre los arcos, del apuntalamiento estabilizador.

Volviendo al objetivo del estudio, para glorificar el *ars aedificandi* de la antigua Roma, Piranesi recorre procesos contrapuestos a lo puramente descriptivo del Bridge at Blackfriars.

A partir de una muestra de grabados, limitadamente a aquellos en los que hay detalles constructivos, se puede intentar una elemental y aproximada clasificación del procedimiento de Piranesi:

- en alguna de sus imágenes Piranesi cristaliza sin simulación la situación real de las ruinas;
- en otras imágenes delinea edificios sometidos a una operación de deconstrucción grafica o dibuja monumentos derruidos pero recompuestos en auténticos proyectos resultado de su potente imaginación suplementaria;
- en algunas láminas, llega a desentrañar la praxis constructiva, interpolando textos ay observaciones directa y levantamiento de los edificios.

El primer modo de representación se encuentra en algunas significativas imágenes de los muros romanos, como en el tramo de mura Aureliane realizado por paramentos en *tevolozza quebrada* (conglomerado formado por la adición de trozos de ladrillos) y *tegoloni* (grandes ladrillos) y el núcleo en *opus caementicium* o por paramentos en toba alternados a ladrillos de el Ustrino (lugar donde los antiguos romanos quemaban los muertos) distinguidos por peculiar perspicacia constructiva (figura 3).[10]

Además, el gusto por la clasificación induce Piranesi a copiar un amplio repertorio de inscripciones lapidarias de las cámaras sepulcrales, de acuerdo con lo que él mismo afirma «disegnate fedelmente nel modo, che ivi si vede» «dibujadas fielmente así como se ve allí».[11]

Piranesi también reproduce las ruinas en su condición real, con la «suciedad que el tiempo deposita en las cosas» y corroídos visiblemente por la presencia de edificios y vegetación, ambos parásitos.[12] Así como registra una realidad que a menudo supera también su fantasía más desenfrenada, en la vista del sepulcro de la familia Metelli, cerca de la de Santa Maria Nuova en via Appia: en ésta Piranesi anota que el monumento «fue despojado no solamente de sus magníficos ornamentos, sino de todos los mármoles que lo cubrían y fue tan excavado alrededor de su parte inferior, cerca de la tierra, que parece un milagro ver como puede existir en el aire casi en su totalidad una masa tan grande» y, sobre todo, dibuja hombres todavía sumidos en despojar el edificio, hundiendo pértigas en el muro (figura 4).[13]

A diferencia de las álgidas visualizaciones de las fachadas de la Roma moderna, en las imágenes de las *disiecta membra* de la arquitectura antigua Piranesi se complace en hacer un «dibujo real» colmo de sus emociones.

También cuando investiga los edificios antiguos existentes, Piranesi los transfigura en imágenes fantásticas y oníricas alejándose del dato real y sometiéndolos a una descomposición deconstructiva (en nuestra clasificación ésta es la segunda modalidad de representación). En algunas ocasiones, la tendencia a

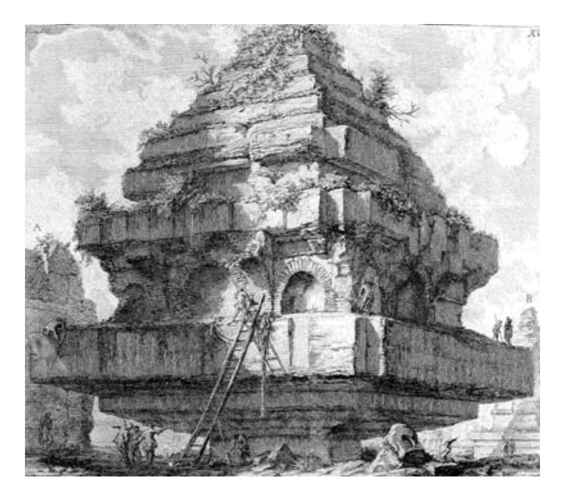


Figura 4
Veduta di un gran Masso, Avanzo del Sepolcro della Famiglia de' Metelli sulla via Appia (410↔470 mm, Piranesi 1756, tomo III, tavola XV)

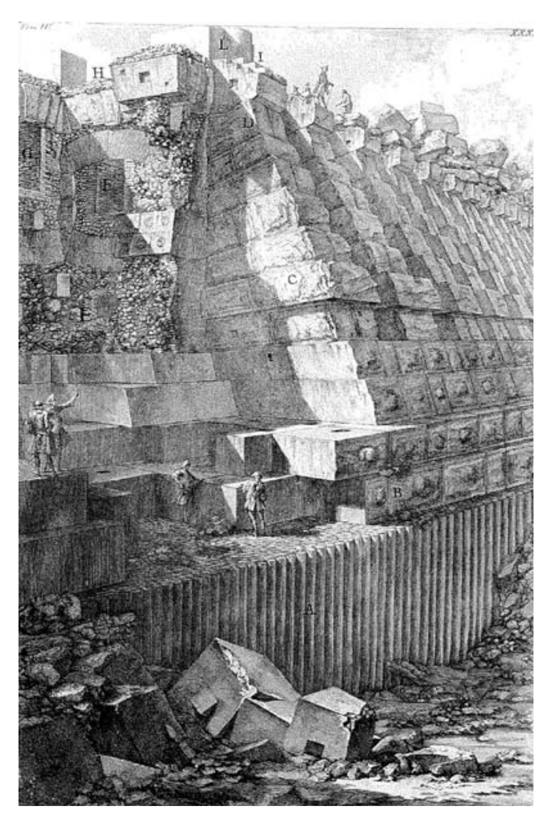


Figura 5
Veduta di una parte de' fondamenti del Teatro di Marcello (590↔395 mm, Piranesi 1756, tomo IV, tavola XXXII)

exaltar la arquitectura explota en pura abstracción visionaria para significar solidez y gallardía de la tecnología romana antigua, así como en los grabados de las fundamentas de Castel Sant'Angelo o del teatro di Marcello (figura 5).

En este último caso, el tamaño exuberante de los cimientos (en el dibujo las estructuras desbordan materialmente de la hoja de papel, 590↔395 mm) se revelan por la presencia de figuras humanas que ponen en resalto la magnitud de la obra.[14]

Piranesi ofrece al observador la visión de las estructuras íntimas del edificio, de otro modo destinadas a permanecer ocultas así como l'*opera viva* (en la náutica es la superficie sumergida del casco de un barco).

Esta imagen es aún tan sorprendente si se reflexiona sobre la costumbre —común a los arquitectos—

de suprimir con una línea gruesa de tierra todo lo que está por debajo del nivel del suelo; de lo contrario Piranesi llega hacia las vísceras del monumento e ilustra una estratigrafía constructiva innegablemente desbordante y sobredimensionada si lo comparamos con el alzado del teatro por otra parte, en este dibujo, completamente removido.

Hipertrofia inmediatamente perceptible para el ojo vivo del arquitecto militante en primer plano las cimentaciones profundas en palos de madera (A) coronadas por cuatro filas de bloques de peperino (B) sobre los cuales están dispuestos los refuerzos para resistir al empuje (C). En los espesores excesivos están colocados «fundamentos interiores de opus incertum» (E), alcantarillas y conductos (F,G) mientras en el nivel del «piano antiguo de Roma» apenas se delinean los pilares y los septos radiales del teatro

Después de la remoción de la tierra de relleno y viviseccionada la estructura, las técnicas de la arquitectura se revelan en los más mínimos detalles: los muros en *opus caementicium* con los forros de ladrillos, los arcos de descarga de doble anillo metálico, los bloques de peperino con las protracciones (*bozze*) y los encajes utilizados para sus levantamiento y colocación.

En este caso, Piranesi opera un proceso de decantación, omitiendo la representación de los accidentes y las imperfecciones inherentes a las capas inferiores de un edificio que, por su propia función, persiguen exclusivamente su estabilidad, de hecho les asigna una disposición ordenada que aporta majestuosidad y *venustas* a las partes utilitarias y por esta razón sin dignidad formal.

Del mismo modo, en otros cuadros de los detalles constructivos, Piranesi (con la segunda tipología de acercamiento, en la cual la invención prevalece sobre la mimesis), recurre al tecnicismo extremo para comunicar la esencia de la solidez perpetua de la arquitectura antigua romana: por ejemplo: en el *Spaccato (la Sección axonometrica) del Mausoleo di Ottaviano Augusto* Piranesi dibuja el paramento a *opus reticulatum* en escala 1:1, con los *cubilias* en toba que se hundirían en el muro hacia una considerable profundidad (figura 6)[15]. Esto en contra de cualquier cotejo objetivo sobre muros similares en las ruinas romanas, en las que los *cubilias* se hunden hacia una profundidad un poco más grande de su cara visible.

Cuando Piranesi trata de comprobar la habilidad constructiva magistral de los romanos, pone en marcha un escrupuloso itinerario descriptivo que utiliza, como antes dicho la imaginación integradora.

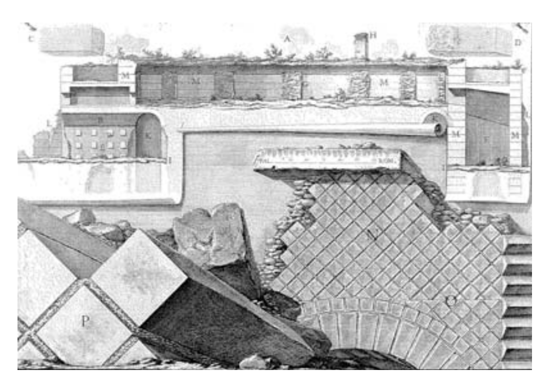


Figura 6
Spaccato del Mausoleo di Ottaviano Augusto (365↔527 mm, Piranesi 1756, tomo II, tavola LXII)

Casos emblemáticos son los puentes Fabricio, Cestio y Elio, analizados desde el encuadramiento urbano en el área inundadle del río Tevere hasta llegar al dato constructivo.[16]

De hecho, de las magníficas vistas (con perspectivas forzadas eligiendo cuidadosamente los puntos de vista para ampliar el tamaño de los puentes) salen tanto fantásticos, como arriesgados, plano de proyecto. En este sentido el *Spaccato* longitudinal sección axonométrica del ponte Fabricio, contenido en una hoja de 350↔595 mm, es demostrativo: el dibujo no se agota con la dimensión y las características de los elementos constructivos del puente, sino que sigue con la representación de la colocación geométrica de los bloques de peperino (material indicado en leyenda) de los arcos y de los semi-arcos, de los arcos a revés, de los los refuerzos para resistir al empuje (figura 7).[17]

Es sorprendente en el analítico tratamiento que interesa también las capas profundas del cauce del Tevere hacia 100 palmos (22 metros) por debajo de la superficie del agua, donde la representación no corresponde ciertamente a un concreto dato de conocimiento y se da rienda suelta a la imaginación en la intención glorificatoria.

Este hipotético conocimiento de cada piedra del puente y de como cada piedra se concatena con las adyacentes, es sólamente un expediente gráfico que transfiere la imagen al observador, la esencia misma

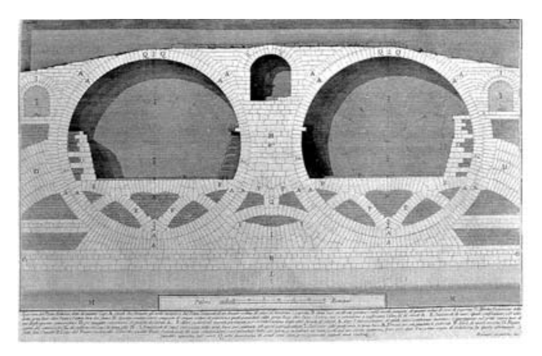


Figura 7
Spaccato del Ponte Fabricio, detto de’ quattro Capi (350↔595 mm, Piranesi 1756, tomo IV, tavola XIX)

de la *firmitas* de Vitruvio, confirmada por Piranesi en la leyenda del dibujo donde se lee: «questo Ponte corroborato da una composizione così mirabile delle sue parti si mantiene da tanti secoli nel suo esser primiero, senz’aver dato il minimo segno di debolezza» (este Puente corroborado por una composición tan admirable en sus partes se mantiene desde hace muchos siglos en su primer estado sin que se note el menor señal de debilidad).

Para que las imágenes sean verdaderas, Piranesi señala los niveles del régimen fluvial en la diferentes estaciones, marca escala grafica métrica, cotas y medidas, marca las partes del puente con letras en carácter lapidario romano, comentadas en las didascalías con un nivel tipográfico extraño a los tratados de arquitectura.

Por cierto, en las leyendas es recurrente la evocación al *De Architettura* de Vitruvio, especialmente en lo que se refiere al léxico de la obra.

En resumen, Piranesi predispone para cada uno de estos puentes todas las tablas de proyecto necesarias para convencer a los interlocutores de la calidad de la obra, de esta manera satisfaciendo la voluntad no de un verdadero comitente sino de los arqueólogos, arquitectos, apasionados expertos, partidarios de la superioridad del arte griega sobre la romana.

Finalmente, en algunos grabados de Piranesi, se manifiesta su finalidad didáctica, al punto de expresar claramente: «la quale (grabado) se riuscirà di profitto al Pubblico, godrò di aver bene impegnate le mie fatiche: altro che no, apparirà almeno, che io ho avuta intenzione di giovare (si el público saca provecho del grabado, disfrutaré con la idea de haber utilizado bien mis fatigas: o, de otro modo, quedará claro que había tenido la intención de deleitar)[18]».

En este sentido, son interesantes los grabados dedicados a los acueductos/conductos de agua con los dibujos de los manantiales, investigados según la forma y la construccion: un ejemplo para todos es el *Avanzo del condotto dell’acqua Alsetina* gráficamente explorado a partir del revestimiento en «cocciopesto» (mezcla compuesta de polvo de ladrillo o de pequeños fragmentos de ladrillo, cal y agregados) hojeando las paredes de la cueva hasta ver el paramento de atrás en *opus reticolatum* y, luego, el conglomerado de concreto (figura 8).[19]

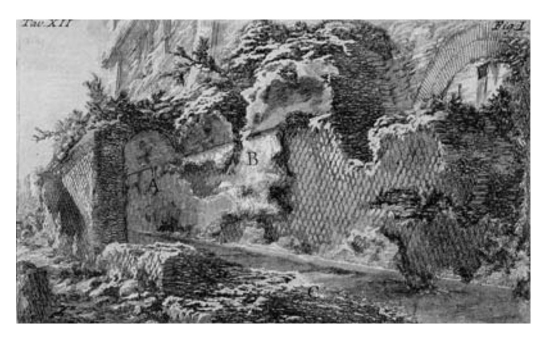


Figura 8
Avanzo del Condotto dell’Acqua Alsetina (115↔192 mm, Piranesi 1756, tomo I, figura XII)

El dato constructivo anómalo es, por lo tanto, sistematizado en una ideal taxonomía iconografíca.

Por ejemplo, en un «cuadrado» de la primera tabla de *Le Rovine del castello dell’Acqua Giulia* (1761) es el engrandecimiento de un semi-arco del acueducto construido con refuerzos trasversales de ladrillo («bipedali», ladrillos cuadrados con lado de dos pies, 59 cm) dispuestos en orientación radial a intervalos regulares) que regulan y ordenan el muro en ladrillos y tobas colocados, inexplicablemente, en filas horizontales (figura 9).[20]

En particular dos grabados sobre la técnica para el levantamiento de grandes bloques de piedra son muy interesantes no sólo para la comunicación eficaz de las imágenes, sino también para una serie de largas leyendas llenas de informaciones sobre los instrumentos y herramientas de la obra, cuya descripción

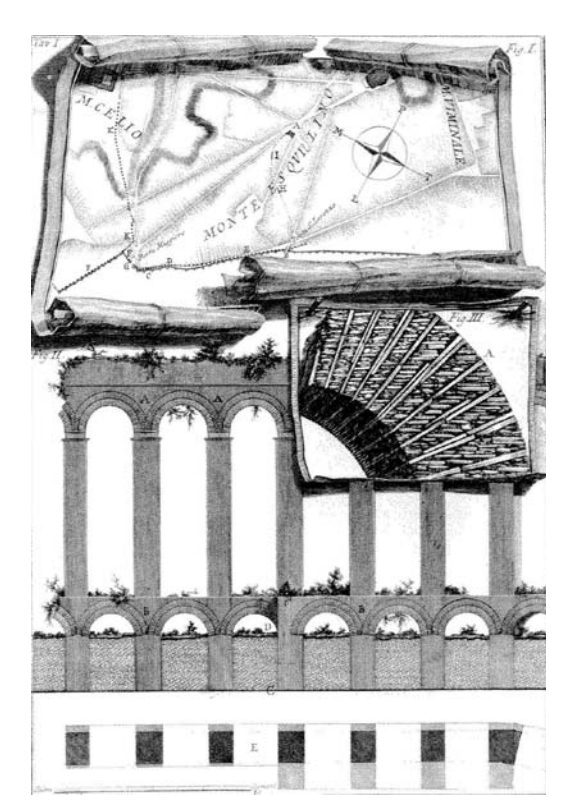


Figura 9
Le Rovine del castello dell'Acqua Giulia (345↔235 mm, Piranesi, 1761 b, figura I)

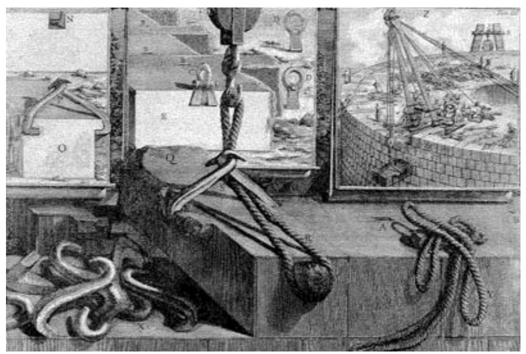


Figura 10. Modo, col quale furono alzati i grossi Travertini, e gli'altri Marmi nel fabbricare il gran Sepolcro di Cecilia Metella (350↔520 mm, Piranesi 1756, tomo III, tav. LIII)

se distingue por una precisión y una autoridad lejanas de las ilustraciones anteriores.

En el *Modo, col quale furono alzati i grossi Travertini, e gli'altri Marmi nel fabbricare il gran Sepolcro di Cecilia Metella* (modo en el cual fueron levantados los grandes travertinos y los otros mármoles para construir el sepulcro de Cecilia Metella) Piranesi dibuja, en una tupida secuencia de axonometrías, perspectivas y secciones, los bloques de piedras durante la colocación, para mostrar algunos detalles visibles solamente en aquella fase, perpetuando entonces el acto del construir, lo que, por su naturaleza, es un acto limitado en el tiempo (figura 10).[21] Piranesi representa los bloques todavía parcialmente groseros, con las «bozze» (realces) para permitir la legatura (cuerdas para levantar, I) dejadas en uno de los lados cortos (lo que se queda en vista, desde el cual serán removidas en la fase de acabado) y con los encajes realizados sobre la superficie superior (A) para el alojamiento de la «ulivella» (instrumento metálico para levantar constituido de un mango que termina en dos ojales, dos media cuñas, un elemento central y un pasador prismático y un perno de bloqueo (C).

Piranesi subraya también la presencia de otros encajes (B) y relieves (H) realizados sobre los lados largos del bloque de piedra del cual, según cuanto afirma, nadie antes había comprendido su naturaleza.[22] Es obvio que el silencio de los tratado de arquitectura sobre estas tecnologías - como subraya Piranesi - se justifica en cuanto esta práctica es un conocimiento reservado a los maestros de obra.

Piranesi se lanza en un razonamiento conjetural para explicar su uso, describiendo y principalmente dibujando los encajes y los relieves realizados sobre los bloques de piedra que, una vez colocados, no aparecen. Esto sería un sistema eficaz para asegurar y balancear las piedras escuadradas durante la elevación y la colocación; la tecnología representada consiste en una atadura a lazo, estabilizada por un par de ganchos introducidos en los encajes y en los relieves (evidenciados en la sección diseñada en la esquina superior izquierda del papel). En este sistema, el levantamiento del bloque de piedra establece una ligera inclinación del mismo bloque, funcional a su exacta colocación, sobre los elementos ya montados.

La historia iconográfica del aguafuerte se completa con la imagen de una máquina para el levantamiento de los bloques de piedra. Se trata de un «bigo» (máquina de elevación utilizados en obras de

construcción en las cuotas más altas del edificio) que consta de dos vigas con «paranco» (instrumento mecánico de elevación que consiste en un sistema de poleas múltiples) de tres poleas (*trispastos*) y cabestrante colocado entre dos antenas;[23] se trata de una máquina simple que requiere experiencia en particular para lo que se refiere al posicionamiento, estabilización y habilidad en las maniobras (figura 11).

Piranesi ilustra filológicamente la descripción de esta máquina hecha por Vitruvio, cuyo tratado, como se sabe, es anacónico, así como se había hecho en las traducciones del *De Architettura* elaborada por Fra Giocondo (Venezia 1511), por Cesare Cesariano (Como 1521), por Daniele Barbaro (Vicenza 1567).[24]

Estas traducciones del siglo XV son equipadas por tablas en las cuales las máquinas, los instrumentos, las herramientas, y los equipamientos metálicos de la obra están dibujadas como si estuviesen en una fiera de muestras, mientras que en los grabados de Piranesi se trasmutan en protagonistas de un auténtico teatro, en la obra del mausoleo de Cecilia Metella, en el cual se pone en escena una operatividad que se repite idéntica a ella misma desde hace siglos.

A este grabado es asociada la tabla dedicada a los instrumentos utilizados por los antiguos para levantar los bloques de piedra (figura 12).[25] En consideración

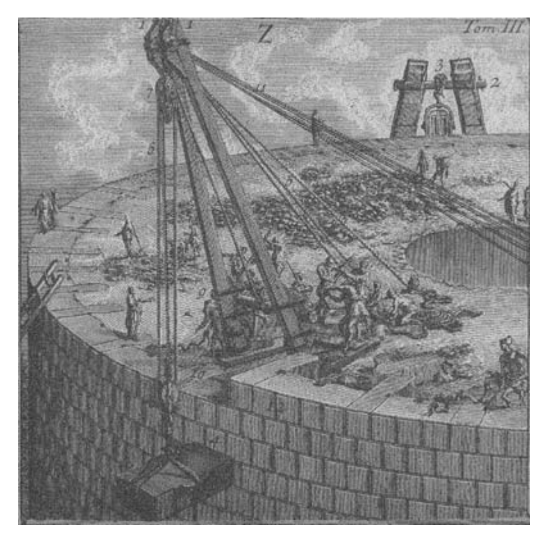


Figura 11
Modo, col quale furono alzati i grossi Travertini, e gli'altri Marmi nel fabbricare il gran Sepolcro di Cecilia Metella, detalle (350↔520 mm, Piranesi 1756, tomo III, tav. LIII)



Figura 12
Modo, col quale furono alzati le grandi Pietre nel costruire il Magnifico Sepolcro di Cecilia Metella (335↔590 mm, Piranesi 1756, tomo III, tav. LIV)

de Vitruvio y de los análisis de las huellas materiales dejadas en los bloques de piedra del mausoleo de Cecilia Metilla, Piranesi ingeniero dibuja plano, fachadas y secciones de tenazas metálicas de tamaño diferente que, introducidas en apropiados encajes excavados en la piedra, actúan de sistema de toma para el enganche al «paranco».[26]

Vuelve a aflorar su «cenofobia»; la tabla está llena, atestada de robustos instrumentos capaces de evocar el virtuosismo tecnológico desarrollado en la Roma antigua; un mensaje que Piranesi comparte ecuménicamente, solamente en apariencia con el espectador, siendo de hecho restringido a pocos conocedores de arquitectura e ingeniería con curiosidades arqueológicas.

De hecho, estas imágenes que hablan de un conocimiento constructivo no son una actuación muscular carente de fuerza, vanagloriosa, pero constituyen el trámite de una gran cantidad de información sobre las específicas técnicas antiguas, sólo en parte obsoletas.

En la especificidad de los temas arqueológicos, el *corpus* iconográfico de Piranesi se enriquece, entonces, de una ulterior adjetivación didáctica y analítica indagatoria. No es una aséptica documentación ilustrada porque es evidente el partidismo ideológico por la superioridad de la arquitectura romana, la participación emocional y la fantasía creativa que son todavía de la cultura del tiempo y particularmente fecundos en el arquitecto veneto; sin embargo emerge en embrión la voluntad documentaria y el análisis detallada y penetrante que remarcan el carácter transformativo que la obra de Piranesi representa el pasaje

hacia la metodicidad racional que se concretizará, así como en las enciclopedias, en los tratados técnicos de la segunda mitad del siglo XVIII y, más tarde, en el solidificarse de la disciplina arqueológica.

No se puede evitar sin embargo el encanto de una visión heróica que disuelve la mera veneración por la monumentalidad antigua en una empática participación típicamente romántica que pone en la obra en su tiempo y viceversa caracteriza completamente y más que otras las diferentes líneas gravitacionales que polarizan la cultura de la época.

Apéndice documental

Documento 1

Modo, col quale furono alzati I grossi Travertini, e gli altri Marmi nel fabbricare il gran Sepolcro di Cecilia Metella, oggi detto Capo di Bove, (350-520 mm, Piranesi 1756, tomo III, tav. LII).

Visitando io tutto il giorno i Monumenti antichi, ed investigando ogni loro benche minuta parte, scoprii in que' grossi macigni, de' quali sono costruiti, dei buchi quadrati, e scavati a bella posta: in alcuni di essi nel mezzo di piano di sopra, come A; in altri o destro, o sinistro, come B. Quanto al buco scavato nel mezzo del piano di sopra, e cosa manifesta, che serviva per alzare il sasso sin dove averasi a porre in opera mediante uno strumento di ferro C, (eccone ancora i suoi Profili D) chiamato da Vitruvio Forsice, da altri Ulivella, introdotto ed incastrato nel buco stesso, come nello spaccato E: quale strumento in oggi pure si mette in pratica. Ma qual'uso potesse avere l'altro buco, scavato nel lato, a cui non vedeasi corrispondere altro buco nel lato opposto ove aggroppare si potesse il macigno per sollevarlo, riuscivami affatto ignoto, ed oscuro; ne so che sia stato fatto a quest'ora da veruno penetrato. Tralle rovine del Sepolcro di Cecilia Metella, detto campo di Bove, mi vennero sotto gli occhi alcuni Frammenti di grossi travertini, F, G, i quali mi scopersero ciò, che si per lungo tempo, da che mi trovo in Roma, non mi viene fatto di comprendere. Il Frammento F ha un rialto a guisa di Bozza, nella stessa pietra lasciato ad arte, segnato H, e simile a I. Il Frammento G ha una bozza, ed un buco scavato in mezzo alla stessa, marcato K, et simile ad L; il qual buco è fondo fino alla superficie del lato M, e corrisponde direttamente al buco del Lato opposto N E verosimile che questi due Travertini non sieno stati posti in opera, o per lo meno in que' corsi ond è formata la superficie esterna del Mausoleo; e ciò può essere accaduto, o per natural difetto della Pietra, scoperto dopo lavorata, o per mancanza dello Scalpellino: infatti l'uno d'essi appare spezzato da un capo. Per tanto siccome io penso, ecco brevemente l'uso de' predetti Buchi e delle Bozze. Osserviamo lo Spaccato O la piegatura e profondità de Buchi, e il modo, con cui sono introdotti in essi gli Uncini P, i quali equilibrano il macigno Q per mezzo della fune R, congiunta a cappio, raccomandata alla Bozza, indi passata sotto gli Uncini, e ripassata ancora sotto se medesima S, qualora il peso della Bozza la costringesse a trascorrere, mettono in pronto il detto Macigno, per esser tirato su, posto il campo al rampino della Taglia T al sito destinato. Quivi nello stesso modo si può facilmente muovere e rimuovere quante volte richiede il bisogno, sinchè egregiamente connetti cogli altri marmi: indi lasciato posare tanto disgiunto quanto si possa levare dal buco l'Uncino V, colle Leve o Pali di ferro spignesi accosto. Dopo che lo Scalpellino, taglia le Bozze e pareggia la superficie. X Uncini di ferro di varia grandezza Y Funi, o Cappi di varia lunghezza Z Dimostrasi la Macchina, mediante la quale alzavasi grossi Macigni 1 Due Travi proporzionate ai pesi, che doveansi alzare piantate a piramide e mobili sopra un Piano di grossi tavoloni di legno concatenati insieme a foggia di telaro; legate da un capo da un Perno di ferro segnato 2, al quale raccomandasi la Taglia 3 Fermato il piano de suddetti tavoloni, o sia Piede della Macchina ad alcuni travertini, piantati quà e là, per legare i corsi delle Scaglie; e data alle Travi sufficiente pendenza, e sporto fuori del Muro, sicchè possano ricevere comodamente il sasso 4 colle Funi 5 assicuravansi. Alzato il sasso col mezzo della Fune 6, delle Taglie 7 e 8, e del Mulinello 9, sino al piano 10, tiravansi mediante le Funi 11, le Travi per il capo indietro tanto, quanto il sasso potesse posare sul detto Piano, ove usate le predette diligenze di farlo ben connettere univasi agli altri Sassi del Corso 12. Da ciò può dedursi, che gli antichi sopra ogni cosa studiassero la facilità d'innalzare simili enormi Macigni, per costruire Fabbriche corrispondenti alle loro grandi idee, e di perpetua durabilità lasciandole talvolta rozze, e senza Ornamento. In vero molte se ne veggono di tal fatta, ma si massicce, e sode, che sembrano fatte più dalla Natura che dall'Arte.

Documento 2

Modo, col quale furono alzati le grandi Pietre nel costruire il Magnifico Sepolcro di Cecilia Metella (335-590 mm, Piranesi 1756, tomo III, tav. LIV).

Dopo aver esposto nella Tavola passata, il Modo con cui sono state alzate le grandi Pietre nel costruire il Magnifico sepolcro di Cecilia Metella e ci feci riflessione sopra

lo strumento detto Ulivella, trovato da Brunellesco, e usato oggigiorno, il quale comunemente credesi che sia quello che ci viene accennato da Vitruvio sotto il nome Forsice o Tanaglia. Lo strumento di Brunelesco è molto utile e comodo, ma quello che ci viene indicato da Vitruvio, sarà stato certamente diverso e forse più facile da porsi in uso. Pertanto appoggiato al passo di Vitruvio e alle osservazioni sopra que' Buchi delle Pietre tante volte mentovati (menzionati) in quest'Opera, ho voluto qui delineare una qualche Idea delle dette Tanaglie di Vitruvio, la quale se riuscirà di profitto al Pubblico, godrò di aver bene impegnate le mie fatiche: altro che no, apparirà almeno, che io ho avuta intenzione di giovare. A Tanaglia di ferro col la sua Pianta B Ella composta da due Pezzi; l'uno CD, l'altro EF, congiunti insieme a guisa di Tanaglia e legati dal perno G. Sicchè quanto più sono forzati a combaciarsi da un capo tanto più si aprono dall'altro. Introdotto nel suo buco la Tanaglia nella parte di sotto sino alla linea H, et essendo la fune, la quale passa per li Anelli legandoli insieme, tirando all'in su col mezzo dell'Argano e della Taglia, stringe forte l'uno con l'altro i medesimi Anelli, e per conseguenza allarga la detta parte di sotto, nel buco introdotta, di modo, che mediante i lati di fuori D,F, dentati, e fatti a coda di rondine, non può uscire dal buco sinche non è posato il sasso. Per sicurezza maggiore però potrebbesi mandare a forza in H il cuneo quadrilatero I. Sembrami per tanto, che un tale Ordigno più di ogni altro si accosti al senso Vitruvio allorche disse «ad rechanum autem imum ferrei Forsices, ovvero Forcipes (come alcuni Testi) religantur quorum dentes in saxa forata accomodantur». K La stessa tanaglia veduta per fianco e suo Spaccato L cioè dei due Capi dentati M altre due Tanaglie poco differenti dalla stessa N Cuneo rotondo per allargare le medesime dopo introdotte ne' buchi O Fune con Uncino, a cui si attaccasi la Tanaglia ad Uncino formata P Ulivella di Brunelesco Q Spaccato d'uno di que' Sassi grandi con due buchi, i quali in molti edifizi antichi per far vedere le due Tanaglie entro a buchi accomodate R Spaccati colle loro misure del Buco per gli Uncini descritti Tavola antecedente S Pianta, e Spaccati T, V, colle loro misure del Buco per le Tanaglie, I Buchi delle presenti misure per lo più si trovano ne' Pezzi di Marmo lunghi in circa palmi 8, larghi 4 1/2, grossi 5.

Notas

El ensayo es el resultado parcial de una investigación todavía en curso, realizada conjuntamente por los autores. Por razones de redacción la parte inicial del texto hasta mausoleo di Ottaviano Augusto fue escrito por Maria Grazia D'Amelio, mientras desde el párrafo ponte Fabricio hasta el final por Fabricio De Cesaris.
Damos la gracia a Marta Santero y a Gustavo Iraheta por la valiosa ayuda en la traducción del texto.

1. Para una comparación bibliografíca sobre el tema ver Focillon 1918; Hind 1922; Wilton Ely 1993; Ficacci 2000; Dal Co 2000; Bevilacqua 2001; Wilton Ely 2002; Maclaren 2005; Bevilacqua 2006a e 2006b; Calvesi 2009; Miller 2005; Pansa 2005; Ficacci 2011.
2. Dal Co 2000.
3. Es interesante el significado que en biología asume ella vocablo vestigia (de vestigium, huella, marca) indica los componentes de un organismo vivo que persisten en él, pero que han perdido la funcionalidad que tenían en un progenitor o en un embrión.
4. Veduta del Palazzo Panfilio dalla parte del Collegio Romano (116x181 mm) e Palazzo Farnese (114x176 mm), en Varie vedute di Roma antica e moderna, 1748.
5. Tempio antico (354x250 mm), en Piranesi 1743.
6. Las referencias a los textos antiguos son numerosas, por ejemplo en el Catalogo delle opere date in luce da Giovan Battista Piranesi (1561) en el contenido del volumen Le Antichità Romane (1756), el autor subraya la presencia el compendio del Comentario de Sesto Giulio Frontino para el estudio de los antiguos acueductos.
7. Tafuri 1972; Wilton-Ely 1994, II, p. 867; Dal Co 2000.
8. Por ejemplo, el proceso de aprendizaje que se está considerando es el mismo puesto en acto con la observación de las tablas de la Regola delli Cinque Ordini d'Architettura (1562) de Jacopo Barozzi da Vignola.
9. A view of part of the intended bridge at Blackfriars London/in August MDCCLXIII/by Robert Mylne architect engraved by Piranesi at Rome (450x600 mm).
10. En la leyenda de la aguafuerte dedicada a las Mura Aureliane, el núcleo en opus caementicium está indicado por Piranesi como si fuese opera incerta, Piranesi 1756, tomo I, figura I (110x190 mm) y tomo III, figura V (295x232 mm).
11. Piranesi 1756, tomo III, figura XLI (390x860 mm). Ver las aguafuertes con las inscripciones de las cámaras sepulcrales, Piranesi 1756, tomo III, imágenes XXX-XXXVIII.
12. Dal Co 2000.
13. Piranesi 1756, tomo III, figura XV (410x470 mm).
14. Piranesi 1756, tomo IV, figura XXXII (590x395 mm).
15. Piranesi 1756, tomo II, figura LXII (365x527 mm).
16. Piranesi 1756, tomo IV, figure VI-XXIV.
17. Piranesi 1756, tomo IV, figura XIX.
18. Piranesi 1756, tomo III, figura LIV (335x590 mm).
19. Piranesi 1756, tomo I, figura XII (115x192 mm).
20. Piranesi, 1761 b, figura I (345x235 mm). Ver Spiegazione delle tavole del Castello dell'Acqua Giulia, in Piranesi, 1761 b, p. 13.

21. Piranesi 1756, tomo III, figura LIII (350-520 mm).
22. Ver apéndice documental, documento 1.
23. El bigo («biga») se utilizaba también en las operaciones de carga y descarga de las embarcaciones.
24. Vitruvio 1997, libro X, II, 3.
25. Piranesi 1756, tomo III, figura LIV (335x590 mm).
26. Ver apéndice documental, documento 2.

Lista de referencias

Bevilacqua, Mario. 2001. «Nolli, Piranesi, Vasi: l'immagine cartografica di Roma nel Settecento tra scienza e arte». En *L'Europa moderna: cartografia urbana e vedutismo*, editado por C. de Seta y D. Stroffolino, 218-227. Napoli: Electa.

Bevilacqua, Mario; M. Gori Sassoli?(Ed.). 2006a. *La Roma di Piranesi: la città del Settecento nelle Grandi Vedute*. Roma: Artemide.

Bevilacqua, Mario. 2006b. «Roma di Piranesi: vedute della città antica e moderna». En *La Roma di Piranesi: la città del Settecento nelle Grandi Vedute*, 39-60. Roma: Artemide.

Calvesi, Maurizio. 2009. «Piranesi: l'immaginazione come memoria». En *Il Settecento e le arti*, Accademia Nazionale dei Lincei, 11-27. Roma: Bardi.

Dal Co, Francesco. 2000. «Giovan Battista Piranesi, 1720-78: la malinconia del libertino». En *Il Settecento*, editado por G. Curcio y E. Kieven, vol. II, 580-613. Milano: Electa.

Ficacci, Luigi. 2000. *Giovanni Battista Piranesi: the complete etchings*, Istituto Nazionale per la Grafica. Roma: Taschen.

Ficacci, Luigi; N. Ossanna Cavadini (ed). 2011. *Giovanni Battista Piranesi: opera grafica*. Milano: Mazzotta.

Focillon, Henri. 1918. *Giovanni Battista Piranesi: 1720-1778*. Paris: Laurens.

Hind, Arthur M. 1922. *Giovanni Battista Piranesi, a Critical Study: with a List of his Published Works and Detailed Catalogues of the Prisons and the View of Rome*. London: The Cotswold Gallery.

Maclaren, Sarah F. 2005. *La magnificenza e il suo doppio. Il pensiero estetico di Giovanni Battista Piranesi*. Milano: Mimesis.

Miller, Norbert. 1978. *Archäologie des Traums. Versuch über Giovanni Battista Piranesi*. München, Wien: Hanser.

Panza, Pierluigi. 2009. *La croce e la sfinge: vita scellerata di Giovan Battista Piranesi*. Milano: Bompiani.

Piranesi, Giovanni Battista. 1756. *Le Antichità Romane*, ed. Bouchard et Gravier, 4 voll. Roma: Nella stamperia di Angelo Rotilj nel palazzo de' Massimi.

Piranesi, Giovanni Battista. 1743. *Prima Parte di Architettura, e Prospettive, inventate, ed incise da Gio. Batt.a Piranesi Architetto Vaneziano dedicate al Signor Nocola Giobbe*. Roma: Nella Stamperia de' Fratelli Pagliarini.

Piranesi, Giovanni Battista. 1761a. *Della Magnificenza ed Architettura de' Romani*, Roma.

Piranesi, Giovanni Battista. 1761b. *Le rovine del castello dell'Acqua Giulia e falsamente detto dell'Acqua Marcia*. Roma: nella stamperia di Generoso Salomoni.

Piranesi, Giovanni Battista. 1762(?). *Descrizione e Disegno dell'Emissario del Lago di Albano*, Roma.

Tafuri, Manfredo. 1972. «Giovan Battista Piranesi: l'architettura come "utopia negativa"». En *Bernardo Vittone e la disputa fra classicismo e barocco nel Settecento*, 265-319. Torino: Accademia delle Scienze.

Varie vedute di Roma antica e moderna, *disegnate e intagliate da celebri autori*. 1748. Roma: Nella stamperia di Fausto Amidei.

Vitruvio. 1997. *De Architectura*. Editado por P. Gros, voll. 2. Torino: Giulio Einaudi Editore.

Wilton Ely, John. 1993. *Piranesi as architect and designer*. New Haven: Yale University Press.

Wilton Ely, John. 2002. «Design through fantasy: Piranesi as architect». En *Giovanni Battista Piranesi: die Wahrnehmung von Raum und Zeit*, editado por C. Höper, J. Stoschek, E. Kieven, 65-88. Marburg: Jonas.

Techos abovedados en Los Abruzos entre los siglos XVI y XVIII. Sistemas constructivos y su comportamiento

Stefano D'Avino

El objetivo de la investigación, cuyo planteamiento metodológico depende estrechamente del mismo, es brindar un instrumento de conocimiento de un sistema constructivo que, aunque en los límites impuestos por sus muchas variantes, se estructura como un pedazo de la civilización constructiva de la región; analizando los varios tipos de sistemas de bóvedas que en la región han mantenido una persistencia de técnicas y formas durante un amplio período temporal y, paralelamente, estudiando su comportamiento con ocasión de un evento sísmico, puede además orientarse efectivamente tanto la comprobación de la actualidad de las técnicas, como la compatibilidad entre patrimonio construido e intervenciones conservativas modernas; eso porque, como comparten muchos, «la perspectiva histórica de la lectura de los daños también permite reconocer la persistencia de vulnerabilidades constructivas que se reproponen constantemente en el tiempo» (Fiorani 2009, 12).

El uso de estructuras de bóveda para la cobertura de edificios eclesiásticos en la región Abruzzo se precia históricamente de varios casos excelentes, a partir del tardo medio evo como, por ejemplo, en San Clemente en Casauria, Santa María de Ronzano y en San Juan de Fossacesia, a pesar de que esta área geográfica siempre «haya ofrecido una determinada resistencia a la adopción de los grandes sistemas de bóvedas propios del estilo románico y del gótico, adoptando preferiblemente, en las grandes iglesias, el esquema basilical de techo, derivado del modelo de Cassino, como en San Liberatore en la Maiella..., incluso bajo la influencia de las elecciones constructivas recurrentes en las obras administradas por las órdenes mendigas». Eso tiene que imputarse presumiblemente, se continúa en el análisis, «a la frecuencia de los terremotos que ha llevado a considerar la bóveda un sistema más riesgoso, y no son raros los ejemplos de coberturas colapsadas ya no reconstruidas y hasta reparadas con vigas de madera» (Varagnoli 2009, 49). Un factor, el de la vulnerabilidad sísmica, destacado también por Giuseppe Valadier, quien evidenciaba como «la terza causa dé danni cagionati ad un edifizio potrebbero essere le scosse di terremoto» (Valadier 1828-1839,4: 68); evento que, por otra parte, no puede seguramente considerarse improbable en Abruzzo.

Sin embargo, una inversión de tendencia y un significativo incremento en la difusión de estos sistemas de construcción se registra a partir de la primera mitad del siglo XVIII, con ocasión de los extensos rehacimientos impuestos por los eventos sísmicos que en aquellos años habían azotado la región, especialmente el del año 1703. Las reconstrucciones consiguientes constituyeron la oportunidad para redefinir la articulación de las secuencias espaciales de los grandes organismos eclesiásticos, a través de la introducción en el organismo originario de un lenguaje barroco conjugado en arcos, bóvedas y cúpulas; encontramos unos ejemplos, entre otros, en las iglesias franciscanas de Loreto Aprutino (figura 1) y Città S. Angelo, en Santa María de Paganica y en la iglesia del Sufragio de L'Aquila.



Figura 1
Vista de la nave de la iglesia de San Francisco en Loreto Aprutino. (foto D'Avino 2010)

Las tipologías de construcción

Las tipologías de construcción adoptadas para la realización de los sistemas de bóveda objetos de estudio varían significativamente, desde las bóvedas equipadas con sillares escuadrados, propiamente estructurales, copartícipes a pleno título del mecanismo arquitectónico, donde se manifiesta el modo del *spolium in re*, es decir «la continuación y al mismo tiempo la interpretación creativa del saber culto y refinado de la antigüedad», como destacado en estudios recientes (Di Nucci 2010, 149), hasta las geometrías casi exclusivamente formales de las falsas bóvedas de encañizado; los tipos varían principalmente a causa de las tradiciones locales y, sobre todo, de los caracteres geo-morfológicos de las varias áreas y son recordados en los tratados del siglo XIX.

Entre los tipos más difundidos del primer tipo, sin duda tenemos que recordar las bóvedas de concreción con sillares lapídeos, unidos por mortero y colocados a lo largo de las generatrices, según una forma de disposición que las asimila a las bóvedas con ladrillos dispuestos en cuchillo; la peculiaridad de este mecanismo es la posibilidad de obtener espesores más bien reducidos, contra aberturas que alcanzan hasta los ocho-diez metros.

En las áreas donde prevalece la construcción en ladrillo, principalmente alrededor del poblado de Penne, en la provincia de Pescara, las estructuras de bóveda son numerosas y con una gran variedad, tanto en la construcción como en la forma, en la mayoría de los casos observados de cañón o de arista, de medio punto o moderadamente rebajado, aunque la geometría no parezca, en este ámbito regional, un elemento tal de condicionar la ejecución, a pesar de que se sepa como, en el caso de los sistemas de bóvedas, la forma defina su aspecto estético y, aún más, caracterice y condicione de forma determinante su capacidad de sustentación. Por otra parte, muy diferentes, especialmente en el comportamiento en caso de evento sísmico, resultan las estructuras encontradas: principalmente se registran bóvedas realizadas con ladrillos colocados en cuchillo, con espesor principal de una o dos cabezas, dispuestos tradicionalmente siguiendo las generatrices.

La mayoría de las arquitecturas examinadas presenta una cobertura constituida por una bóveda de cañón, en que se abren amplias lunetas, como Santa María de Constantinopla en Castelli, que puede datarse del año 1619, san Francisco en Città Sant'Angelo (figura 2), ampliamente modificada en 1741 y Santo Domingo en Penne, caracterizada por grandes intervenciones realizadas entre finales del Siglo XVI y comienzos del siglo sucesivo; el perfil es de medio punto, aunque se registren ejemplos de bóvedas rebajadas, como en la iglesia de San Antonio en Pianella (figura 3), del siglo XVI. Las estructuras más comunes están constituidas por ladrillos dispuestos en cuchillo, presentes principalmente en el área de Penne y en L'Aquila, es decir por estructuras de concreción con intradós.

Mucho menos común el uso de bóvedas con geometría de arista, que se encuentran, por ejemplo, entre las arquitecturas objeto del estudio, sólo en San Juan Bautista en Castelli y Santa María de las Gracias en Caramanico, ambas de comienzos del siglo XVII; la mayoría de las veces los ladrillos se disponen normalmente en las diagonales de la figura geométrica que tiene que cubrirse, y así la estructura que



Figura 2
Iglesia de San Francisco en Città Sant'Angelo. Interior. (foto D'Avino 2009)



Figura 3
Iglesia de San Antonio en Pianella. Interior. (foto D'Avino 2010)

constituye la bóveda puede concebirse como la unión de cuatro pechinas angulares conectadas en correspondencia de las generatrices medianas, donde las hileras diagonales forman unos encajes *a spinapesce.* Como oportunamente observa Varagnoli, «este sistema permite simplificar la estructura de la nervadura angular, donde los ladrillos se disponen perpendicularmente a la arista..., con la ventaja de orientar los lechos de colocación de los ladrillos en dirección ortogonal a las isostáticas de compresión, es decir en la forma óptima para la transmisión de las cargas en los puntos de apoyo» (Varagnoli 2009, 54); optimización que ha resultado evidente con ocasión del sismo que ha azotado la región en el año 2009.

Otro tipo de estructura muy difundida está constituida a veces por bóvedas de arista realizadas con ladrillos dispuestos paralelamente a las generatrices, con un organismo de sustentación constituido por dos arcos diagonales que descargan su peso sobre cuatro pilares angulares.

Junto a éstas, se observan también estructuras constituidas por ladrillos dispuestos en hoja, es decir arrimados entre ellos a lo largo del corte, evidente contigüidad con las le *bóvedas tabicadas* catalanas, codificadas por Valadier como *volte di sesta maniera* (Valadier 1828-1839, 4, XVII: 4-5); éstas, que en su mayoría datan de los siglos XVIII y XIX, se construían con un uso reducido de cimbras, o hasta sin entramado y, por lo tanto, resultaban más livianas y de ejecución más rápida; comportamiento hecho posible por el uso, durante la construcción, de mortero de yeso, cuya característica principal es fraguar rápidamente. Otra ventaja no descuidable en la adopción de esta estructura de construcción está constituida por la sensible reducción de las presiones que se transmiten a las cepas.

Como en otras regiones de Italia, en Abruzzo a menudo se encuentra el uso, en el caso de estructuras de bóvedas realizadas en hoja, de arcos extradosados coplanares a éstas en el lado inferior, con el fin de conseguir un comportamiento, al mismo tiempo, más



Figura 4
Vista de la cúpula de Santa Clara en Città Sant'Angelo. (foto D'Avino 2009)



Figura 5
Santa María del Carmen en Pianella. Vista del triburio. (foto D'Avino 2010)

resistente y elástico; típico el caso de la iglesia de Santa María de las Gracias en Caramanico.

Finalmente, catalogadas por Valadier como *volte di settima maniera,* se han identificado unas pseudobóvedas, a veces de encañizado, cuya adopción se registra principalmente a partir de la primera mitad del siglo XIX; «si compongono con centine, formate con tavole doppie di legno dolce, di quella forma che l'architetto avrà stabilito, con fasce, cassettoni, ec. Ed alle quali centine principali, ben murate né muri, si attaccano le altre traverse di regoli a poca distanza; su questi poi si tessono con vinchi, ovvero si fermano con chiodi e filo di rame da un filo all'altro, le stuoje tessute a bella posta di canne spaccate, sulle quali si attacca il gesso... tanto di sopra quanto di sotto, e si dà al lavoro quel garbo e forma che si vuole» (Valadier 1828-1839, 4, XVII: 5). Este sistema se ha usado principalmente en fábricas que anteriormente habían sufrido asentamientos estructurales o que llevaban a considerar estos eventos posibles a causa del peso excesivo, o a la rigidez de las bóvedas originarias; como en el caso de la bóveda de cañón con luneta en *cameracanna*, sustentada por un armazón de madera colgado en los tirantes de la cercha, que cubría la nave de la iglesia de Santa María de Paganica en l'Aquila, que puede atribuirse a las restauraciones sucesivas al sismo del año 1703.

Principalmente atribuibles a las intervenciones de arreglo barroco que han interesado la mayoría del patrimonio eclesiástico de Abruzzo durante la primera mitad del siglo XVIII, son las estructuras de cúpula caracterizadas principalmente por la presencia de una terminación en linterna como, entre otras, Santa Clara en Città Sant'Angelo (figura 4), la iglesia del Sufragio en L'Aquila y Santo Domingo en Penne (figura 5); constituye una excepción curiosa la linterna ciega de la iglesia del Carmine en Pianella.

Queda libre de eso, sustancialmente, solamente la iglesia franciscana de Loreto Aprutino; ésta presenta un sistema de tres cúpulas extradosadas con apuntalamiento (figura 6); las más externas tienen una geometría elíptica, mientras que la central es circular; el extradós de cada cúpula está encerrado por un cimborrio poco desarrollado.

Comunes a todas las arquitecturas objeto del análisis son la geometría hemisférica y la adopción de una estructura de ladrillos dispuestos *en cuchillo*; singular la pseudo cúpula de *incannucciato* de la iglesia de San Félix Mártir en Poggio Picenze (figura 7), objeto de considerables intervenciones después de los daños sufridos durante el terremoto de 1762.



Figura 6
Iglesia de San Francisco en Loreto Aprutino. Sección transversal. (Dibujo sacado de la tesis de licenciatura de Rosa Melizza, Universidad de Chieti-Pescara, año académico 2009-2010)

Muchos de los ejemplos observados durante la investigación presentan aberturas de orificio en el tercio inferior, y justamente el incremento del riesgo de lesiones en caso de evento sísmico debido a la reducción impuesta por éstas a la sección resistente es probablemente la causa que ha inducido, en el siglo XIX, a tapar las ventanas ojivales que estaban presentes en la cúpula de San Miguel en Città sant'Angelo (figura 8).



Figura 7
Iglesia de San Felice mártir a Poggio Picenze. Interior. (foto D'Avino 2010)

El mecanismo del daño

Las numerosas reconstrucciones sucesivas a los terremotos han utilizado ampliamente el material de recuperación de los derrumbes, a veces con el uso de mortero aéreo, a causa de la necesidad de reconstruir rápidamente y con escasos medios económicos; por eso, a frente de amplias porciones de mampostería irregular enlucida, el uso de la piedra escuadrada se reservaba a pocos elementos. Además el uso común del yeso como aglomerante en los morteros ha hecho la estructuras de bóveda en hoja especialmente sensibles a la humedad.

Otro elemento de vulnerabilidad ha resultado ser el espesor considerable de los lechos de colocación de algunas estructuras de mampostería, realizado para permitir la adopción de ladrillos de recuperación junto a materiales de fábrica mientras que, como advertía Valadier, «è da badare di più che la calce non sia troppo grossa, tanto maggiore sarà il ritiro nell'asciugarsi, e perciò negli archi e volte, deve bene battersi ogni mattone o pietra l'una contro l'altra» (Valadier 1828-1839, 4: 21).

Por lo tanto, las arquitecturas históricas de Abruzzo aparecen como «el producto de muchas estratificaciones, en su mayoría imposibles de enmendar en base a un principio de adherencia a la *regola d'arte*; la consecuencia es que las cuestiones más delicadas» relativas a su comportamiento en caso de evento sísmico «son relativas a la capacidad de colaborar por parte de mamposterías heterogéneas y compuestas». (Fiorani 2009, 10).

Durante los siglos la repetición de los eventos sísmicos, algunos desastrosos, ha inducido a la experimentación de muchas medidas antisísmicas, hasta la definición de una verdadera práctica local.

Una de éstas, históricamente más difundidas en el territorio de Abruzzo, está constituida por los llamados *radiciamenti*: éstos prevén la introducción de vigas de madera, a veces en un sistema que incluye varios elementos conectados entre ellos a través de



Figura 8
Vista de la cúpula de San Michele en Città Sant'Angelo. (foto D'Avino 2009)



Figura 9
La iglesia del Sufragio (o 'de las Almas Santas') en L'Aquila. (foto D'Avino 2011)



Figura 10
Iglesia del Sufragio en L'Aquila. Vista de la cúpula antes del derrumbe. (Antonini 1988, 32)

juntas, dispuestas en fase constructiva horizontalmente en la parte superior de las estructuras de mampostería o en la imposta de sistemas de bóvedas, y conectadas en la extremidad a platos metálicos por medio de clavos, con el fin de contribuir a la homogeneización, desde el punto de vista mecánico, de mamposterías frecuentemente caóticas. «El anclaje que se realiza no se concentra, si no parcialmente, en la extremidad, sino más bien es difundido, gracias a la fricción que se desarrolla a lo largo de todo el elemento de madera insertado en la mampostería» (Lagomarsino 2009, 32).

Sin embargo, en muchos casos, como en los encadenamientos de madera colocados originariamente en la parte superior de las estructuras de mampostería de Santa María de Paganica en L'Aquila, la fiabilidad reducida de los arraigamientos consiguiente a la putrescencia de la madera «hace que una medida concebida para ayudar el funcionamiento estructural se transforme, con el pasar del tiempo, en un elemento de vulnerabilidad» (Fiorani 2009, 15).

Una ulterior medida adoptada en esta área geográfica, a partir de las experiencias acumuladas en los siglos anteriores, con el fin de aumentar la resistencia de las estructuras de cúpula a los esfuerzos horizontales, prevé la colocación en los riñones de catenarias de vigas de madera conectadas entre ellas a través de pernos, como puede observarse, por ejemplo, en la iglesia franciscana de Loreto Aprutino, en San Juan Evangelista en Penne, o en la iglesia del Sufragio en L'Aquila (figura 9). Es interesante observar como la cúpula que cubría el presbiterio de esta última iglesia, cuyo origen puede establecerse alrededor del año 1713, se debe a Giuseppe Valadier, quien, a comienzos del siglo XIX, es llamado aquí a completar el proyecto de Carlo Buratti (figura 10).

Y es justamente el célebre arquitecto romano que, para remediar los riesgos inducidos por la corruptibilidad de la madera, sugería «dividere la curva della volta », el perfil, «in tre parti uguali...; saranno questi i luoghi da collocarvi tre catene di ferro, proporzionate alla circonferenza della volta, e tali catene daranno alla cupola lo stato di sicurezza, segnatamente se qualche scossa di terremoto andasse ad infastidirla» (Valadier 1828-1839, 4: 18). El mismo llamaba además la atención sobre las modalidades de colocación de estas medidas: «Le catene nelle imposte degli archi e delle volte sono la vita delle medesime, quando li piedritti e li muri non sono abbastanza solidi... Vi è chi per non far vedere le catene, e non fare li piedritti abbastanza solidi ha praticato di mettere delle catene di ferro nascoste nella grossezza della volta medesima; ma questa sorte di catene poco o niente forzano, cedono all'urto della volta più o meno secondo la sua forma, seguendo, col piegarsi, l'andamento del cedimento naturale del volto medesimo, abbassando la cima ed allargando l'imposte... All'opposto la catena retta, posta circa al terzo dell'arco, per la spinta delle volte, non può mai pericolare, ma perché sia valida deve collocarsi del tutto retta tirata» (Valadier 1828-1839, 4: 93).

Los mecanismos de daño sísmico identificados durante la investigación presentan algunas características recurrentes, aunque en la especificidad de cada elemento; eso induce a considerar efectiva una interpretación del cuadro de daños por macroelementos.

La pérdida de estabilidad de las bóvedas puede, en la mayoría de los casos, imputarse a los fuertes incrementos o bien, en caso opuesto, a la anulación de las acciones verticales de esfuerzo, comportamiento propio de la naturaleza principalmente ondulatoria del sismo que ha azotado la región en el año 2009.

Los mecanismos de deformación en el plano de los sistemas de bóvedas sometidos a sismo han sido favorecidos por los empujes horizontales causados por las bóvedas mismas, por lo tanto por su geometría, especialmente en los casos en que éstas se habían equipado con tirantes o arraigamientos; eso ha determinado un efecto de rotura en corte en los soportes laterales, donde se ha generado un alejamiento de las impostas, con una deformación evidente, la bajada en llave y la formación de bisagras.

Por lo tanto, la ausencia de tirantes transversales ha amplificado, durante el evento sísmico, la diferencia de rigidez entre la bóveda y los equipos de albañilería en que las mismas se unen, generando, especialmente en caso de estructuras con amplias lunetas como en la iglesia dominicana de Penne, un mecanismo de despegue. Por otra parte, justamente a la presencia de estas medidas con toda probabilidad se debe el modesto cuadro de daños que ha interesado la iglesia de San Francisco en Città Sant'Angelo en el año 2009.

En la mayoría de los casos estudiados, arriba del extradós de la bóveda se encontraba un apuntalamiento que generaba una carga distribuida de los riñones donde, en caso de esfuerzo sísmico, se habría previsiblemente determinado una subida y el comienzo del sucesivo mecanismo de rotura; esta carga tenía la doble función de adaptar el comportamiento de la curva de las presiones a la geometría de la bóveda y de incrementar la acción de mutuo contraste entre los sillares escuadrados de la estructura de la mampostería. «De hecho es cierto», como afirma Giuffrè, «que el mayor peso comporta una mayor carga en las paredes externas, pero también una carga más centrada y, por lo tanto, con estados de tensión mejor distribuidos» (Giuffrè 1988, 77).

Sin embargo, hay que prestar atención a la coherencia de estos materiales de llenado porque, como se ha podido observar durante el sismo del mes de abril de 2009 en Santa María de Paganica, su masa, no homogénea e incoherente, ha causado durante la fase dinámica un considerable aumento de los esfuerzos transmitidos a las bóvedas y, fundamentalmente, ha determinado su derrumbe.

Algunos entre los ejemplos considerados, como la iglesia de Santo Domingo en Penne (figura 11) o San Félix en Poggio Picenze, presentan arcos transversales de refuerzo en las bóvedas de cobertura de la



Figura 11
Vista de la nave de la iglesia de San Domenico en Penne. (foto D'Avino 2009)



Figura 12
Santa María de Constantinopla en Castelli. Vista de la unión entre la bóveda y la contrafachada. (foto D'Avino 2011)

nave; éstos constituyen unas verdaderas nervaduras que dividen el complejo estructural en paneles, cada uno de los cuales puede, por lo menos en línea teórica, concebirse y realizarse autónomamente con respecto a los otros. Estas nervaduras vuelven, localmente, la bóveda más rígida y, por lo tanto, por efecto de su peso, ésta ha sufrido unas bajadas mayores en correspondencia de la línea central de los paneles y menores cerca de los arcos transversales; esta diferencia de comportamiento, en caso de que se vuelva significativa, ha determinado unas fisuraciones de disposición paralela a las nervaduras, abiertas en el extradós en correspondencia de los arcos y en el intradós en correspondencia de las arcadas intermedias.

Un mecanismo análogo se ha encontrado cuando la bóveda, en la extremidad, encontraba apoyo en la contrafachada, como en Santa María de Constantinopla en Castelli, donde se determinan lesiones debidas a la desconexión entre las partes (figura 12); la condición ideal sería, en estos casos, un apoyo firme en las paredes laterales y una junta, en los cabezales, por simple arrimo.

Donde se ha registrado la presencia de estas paredes llenas, colocadas normalmente en los planos de imposta de las bóvedas, como en el caso de las capillas laterales, éstas han desempeñado un rol efectivo de contraste hacia los esfuerzos sísmicos; como en la norma, la deformación por corte se ha transferido desde las estructuras de bóveda a éstas. Eso ha ocurrido porque la deformación irreversible de las bóvedas y, por lo tanto, su inestabilidad, en general pueden atribuirse a la mala calidad de las cepas; este factor causa justamente la rotación de las estructuras de mampostería de apoyo.

Otro elemento arquitectónico sujeto a fuertes esfuerzos es el arco triunfal, realizado casi siempre con



Figura 13
Vista de la cúpula de Santa María del Carmen en Pianella. (foto D'Avino 2009)

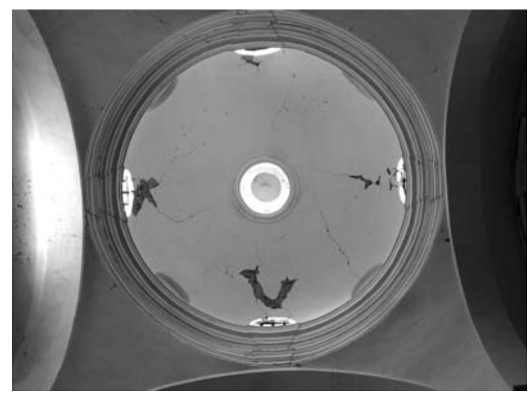


Figura 14
San Antonio en Pianella. Cúpula (foto D'Avino 2009)

ladrillos llenos: la vulnerabilidad en este caso está relacionada, en la mayoría de los casos, con el espesor inadecuado y con la ausencia de tirantes transversales. Las modalidades de daño se han manifestado principalmente con lesiones en llave y, en muchos casos, incluso en los riñones, por rotación simétrica bilateral. Por lo que se refiere a las causas que determinan estos mecanismos de lesión, especialmente significativa ha resultado la acción vertical ejercida por la carga impuesta en fase dinámica por las cúpulas, como en Santa Clara en Città Sant'Angelo, y en San Francisco en Loreto Aprutino.

La cúpula es una estructura que, por su naturaleza geométrica, genera empujes uniformes en el perímetro de apoyo; superada la resistencia de tracción de la mampostería garantizada por la fricción entre los bloques, se forman lesiones en correspondencia de los meridianos.

Desde el punto de vista estático ésta se comporta como muchos semiarcos, dispuestos en correspondencia de los radios de la circunferencia de base, que se sustentan mutuamente en coincidencia del centro geométrico de la bóveda. Conformemente a este esquema, los empujes que ésta transmite a la imposta se difunden en toda la zona de apoyo y presentan un comportamiento radial, desde el interior hacia el exterior; reflejan la deformación inducida por estos empujes, que tienden a ensanchar el anillo de base, los arcos ficticios, que esquematizan justamente el esquema de sustentación principal de una cúpula, tienden a abrirse originando una estructura en sectores con características lesiones radiales; significativo, en este sentido, el caso de la iglesia del Carmen en Pianella (figura 13). Este fenómeno se reduce sensiblemente cuando la estructura de mampostería de los arcos se dispone de forma que las juntas entre ladrillo y ladrillo sean ortogonales al flujo de tensión, como en la cercana iglesia de San Antonio (figura 14). Por otra parte hay que destacar como en estas arquitecturas la vulnerabilidad sísmica también se debía a la elevada masa de mampostería en juego, y además a la intrínseca resistencia reducida a la tracción de las bóvedas.

Finalmente, en el caso de la iglesia de Santa María de Paganica en L'Aquila, la cúpula apoyada en los cuatro arcos del transepto, que se derrumbó durante el terremoto de 2009, se había realizado después del año 1703 en ladrillo, con espesor de dos cabezales; cuatro amplias ventanas circulares interrumpían la continuidad de la mampostería. En correspondencia del ábside, ésta mostraba en el extradós algunas estructuras de mampostería de rigidez, colocadas en distancias regulares con dirección normal con respecto a la generatriz. La presencia de estos elementos, aunque introduciendo un indudable efecto estabilizante para la bóveda, sin embargo ha determinado probablemente, al mismo tiempo, un empeoramiento considerable en términos de masas en juego, determinando, en los hechos, su derrumbe (figura 15).



Figura 15
Santa María de Paganica en L'Aquila. Detalle del interior después del derrumbe. (foto D'Avino 2009)

Lista de referencias

Antonini O. 1988. *Architettura religiosa aquilana.* L'Aquila.

Augenti N., Borri A., Bongi S., Brescia P., Cangi G. 2009. «Chiesa di Santa Maria di Paganica». *Arkos*. 20: 80-87.

Bartolini Salimbeni L. 1993. «Architettura francescana in Abruzzo dal XIII al XVIII secolo». *I saggi di Opus*. 2.

Benedetti S. 1980. «L'architettura dell'epoca barocca in Abruzzo». En *Atti del XIX Congresso di Storia dell'architettura*, 275-312. L'Aquila.

Bilò L. 2009. «Documenti e rilievi nella media Valle del Pescara: la costruzione delle volte». En *La costruzione tradizionale in Abruzzo. Fonti materiali e tecniche costruttive dalla fine del Medioevo all'Ottocento*, 193-204. Editado por C. Varagnoli. Roma.

Di Nucci A. 2010, *L'arte di costruire in Abruzzo. Tecniche murarie nel territorio della diocesi di Valva e Sulmona*. Roma.

Fiorani D. 2009. «Edifici storici, stratificazioni e danni nell'aquilano, una panoramica». *Arkos*. 20: 8-17.

Furlani V. 1996. «Scalpellini, maestri ed altri fabbricatori operanti nel XVIII e XIX secolo nell'area di confine tra Abruzzo e Marche». *Aprutium*. 3: 77-101.

Giannantonio R. 2000. «Le chiese del Settecento abruzzese», en *L'Abruzzo nel Settecento*, 71-146. Pescara.

Giuffrè A. 1988. *Monumenti e terremoti. Aspetti statici del restauro.* Roma.

Lagomarsino S., «Vulnerabilità e risposta sismica delle chiese aquilane: interpretazione del danno e considerazioni sul miglioramento strutturale». *Arkos*. 20: 30-37.

Ragucci F. 1843. *Principi di pratica di architettura né quali si espongono un'idea di descrizione di fabbricati, otto esemplari di misure per altrettante arti diverse ed in fine un dizionario de vocaboli tecnici che presso gli artefici sono più in uso.* Napoli.

Valadier G. 1828-1839. *L'architettura pratica dettata nella scuola e cattedra dell'Insigne Accademia di San Luca dal Prof. Accademico Signor Cav. Giuseppe Valadier*, 5 voll. Roma.

Varagnoli Claudio 2003. «Lo stato dell'arte in Abruzzo». En *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali*, 54-66. Editado por G. Fiengo y L. Guerriero. Napoli.

Varagnoli Claudio 2009. «Tecniche e materiali nella costruzione delle volte in Abruzzo». En *La costruzione tradizionale in Abruzzo. Fonti materiali e tecniche costruttive dalla fine del Medioevo all'Ottocento*, 49-64. Editado por C. Varagnoli. Roma.

Zordan L. 1992. «Tecniche costruttive dell'edilizia aquilana: tipi edilizi e apparecchiature costruttive». En *L'Aquila città di piazze. Spazi urbani e tecniche costruttive*, 60-159. Editado por L. Zordan, M. Centofanti, R. Colapietra, P. Properzi. Pescara.

Los modelos de puentes ecónomicos de hormigón armado para caminos vecinales de Juan Manuel de Zafra y Esteban

Francisco José Domouso de Alba

La trayectoria profesional del ingeniero de caminos Juan Manuel de Zafra y Esteban (1869-1923) estuvo ligada desde muy pronto al hormigón armado.

Obtuvo el título de ingeniero de caminos canales y puertos en 1892 como número uno de su promoción. Trabajó en el puerto de Sevilla hasta 1908, donde realizaría sus primeras obras en hormigón armado. Posteriormente ingresa como profesor en la Escuela Especial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, encargándose de la clase de «Construcciones de Hormigón Armado y Puertos y Señales Marítimas», que sería el primer paso de la asignatura «Construcciones de Hormigón Armado y Puertos», inaugurándose de esta manera en España la formación universitaria en esta disciplina en el curso 1910-1911.

Ingeniero de amplia y rigurosa formación científica, aplica sus sólidos conocimientos de mecánica a la construcción de estructuras de hormigón armado.

Publica en 1911 *Construcciones de Hormigón Armado* primer tratado de carácter científico sobre hormigón elaborado por un técnico español,[1] que posteriormente completaría con la que se considera su obra maestra (en palabras del también ingeniero Enrique Colas) *Cálculo de Estructuras*.

Juan Manuel de Zafra trabajó siempre desde el conocimiento y la curiosidad por las construcciones de hormigón armado que se realizaban fuera de España, ajeno en cierta manera al negocio que se generó en torno al nuevo material y a la explotación de patentes.

Zafra nunca pretendió la exclusividad del conocimiento empírico de los procesos de cálculo y constructivos del hormigón armado que ocultaban muchas patentes y sistemas licenciados. Al contrario, sus proyectos, no demasiados pero de calidad excelente, resultaban de la aplicación de conocimientos científicos relacionados con el hormigón armado obtenidos de fuentes francesas y alemanas principalmente.

Es importante destacar el rechazo de Zafra a «inventar».Su rigor le llevó a conocer con precisión obras contemporáneas realizadas en hormigón armado fuera de España, como el puente de Chatellerault, los proyectos y obras en hormigón de un incipiente Eugène Freyssinet, los Grandes Molinos de Nantes (construidos en 1895), los ejemplos de puentes para ferrocarril publicados por von Emperger en «Handbuch für Eisenbetonbau» (lectura de cabecera de Zafra, a la que se remite en muchos de sus escritos y artículos), así como las realizaciones más relevantes documentadas en Europa y Estados Unidos hasta el momento. Estamos hablando de los años anteriores a 1910.

Zafra nunca ocultó sus fuentes, al contrario cita como referencias destacadas necesarias de conocimiento los trabajos de Considère y Rabut, así como el de las comisiones francesa y suiza de hormigón armado. Este conocimiento y asimilación profunda del estado de la cuestión le permitió desarrollar proyectos y obras fundamentales en la consolidación en España del hormigón armado, así como sentar las bases

de la enseñanza reglada y rigurosa del proyecto y cálculo de estas estructuras.

Fue conocida su beligerancia con la condición de «producto» del hormigón armado en los últimos años del siglo XIX y primeros del XX.

Esta condición de producto se tradujo en la proliferación de patentes de sistemas de construcción en cemento y hormigón armado. Se contabilizan en España hasta 152 patentes específicas sobre piezas y procedimientos de construcción en cemento y hormigón armado entre 1884 y 1913.[2] A pesar de este rechazo a la condición de «producto» del hormigón armado, Zafra depositó en 1902 cuatro patentes, en mi opinión de excepcional calidad.

Posteriormente, Zafra declaró la guerra abierta a lo que denominó «formulas-receta» ligadas a los «sistemas privilegiados», yuxtaponiéndolas a las «formulas racionales-experimentadas».

En 1912, Zafra se opone abiertamente y por escrito a las «recetas» empleadas por Hennebique.[3] Conoce en profundidad la instrucción francesa del 20 de octubre de 1906, así como la sentencia judicial que anuló en 1903 las patentes del sistema privilegiado Hennebique, aunque este siguiese anunciándolo.

Zafra defiende que no es suficiente que las fórmulas de Hennebique «tengan la sanción de la experiencia, y que esta sanción es más digna de confianza que muchas teorías aun no muy justificadas».

En este sentido, defiende que el hecho de que las construcciones no se caigan (máximo aval que ofrecía Hennebique en su publicidad) es necesario, pero no suficiente, recurriendo al concepto de «coeficiente de seguridad». Para Zafra, este coeficiente debía conocerse con precisión desde el análisis técnico y científico del comportamiento estructural de las obras de hormigón armado, y acomodarse a las circunstancias que en cada obra concurriesen.

La defensa de Zafra es clara: el rigor intelectual debe prevalecer sobre formulas poco científicas sancionadas por la experiencia y la codicia comercial. Como no podía ser de otra manera, Hennebique demando a Zafra en los tribunales parisinos (demanda ineficaz por falta de jurisdicción, pero muy mediática).

En mi opinión, la polémica Zafra-Hennebique caricaturiza injustamente la capacidad técnica de las oficinas de Hennebique, que demostraron ser muy solventes, no solo por la seguridad y fiabilidad de las obras que realizaron, sino por las investigaciones sobre el hormigón armado que llevaron a cabo durante más de una década y que supusieron aportaciones de primer orden al conocimiento del material.

Modelos de puentes económicos de hormigón armado para caminos vecinales

Por Real orden de 31 de mayo de 1919 se encargó a Juan Manuel de Zafra, profesor distinguido de la Escuela espacial del Cuerpo, la elaboración de un catálogo de modelos de puentes económicos de hormigón armado de luces corrientes para caminos vecinales.

El objeto de este catálogo era proveer a los ingenieros de modelos de puentes económicos de hormigón armado que pudiesen emplearse automáticamente en proyectos y obras sin necesidad de repetir el trabajo de cálculo y definición proyectual.

De esta manera, la Administración, consciente del desarrollo que estaban teniendo las construcciones de hormigón, y ante la falta de implantación de un procedimiento universal y riguroso de cálculo y construcción en hormigón, garantizaba la seguridad y correcta ejecución de las estructuras de estos puentes vecinales.

Por este trabajo, además de cómo reconocimiento a su trayectoria profesional, Zafra fue galardonado por el Ilustre Consejo de Obras Publicas con la Gran Cruz de Alfonso XII.

El proyecto

Se proyectan 20 modelos de puentes. El principal criterio adoptado por Zafra fue el del rigor estructural y la economía, que en estos modelos de puentes económicos se traduce en:

a) Limitación geometría de luces y anchos de tableros.
b) Máxima eficacia de la tipología estructural.
c) Economía de mano de obra: encofrados sencillos y reutilizables en las distintas luces de cada una de las tres tipologías estructurales que se describen más adelante.

Zafra buscó que el trabajo de puesta en obra fuese el más sencillo posible, y por consecuencia generase

pocos errores de montaje. Esto simplificaba la labor de supervisión del técnico y redundaba en una mayor garantía de calidad de la obra. Zafra era especialmente sensible a la necesidad de garantizar una puesta en obra del hormigón y el acero fácilmente controlable y que diese pie a pocos errores.

Todas las subestructuras proyectadas son de tramo recto. En el catálogo se consideran exclusivamente las superestructuras, excluyéndose expresamente los estribos, pilas y muros.

Sin incidencia estructural, más que la sujeción propia del elemento al tablero, destaco la calidad del diseño de las barandillas de protección.

Geometría

Respecto a las luces proyectadas el catálogo de modelos atiende a las siguientes series (unidades en metros):

- Luces pequeñas (incremento de 1,00 m): 1/2/3/4/5/6
- Luces medianas (incremento de 1,25 y 1,59 m): 7,25/8,50/10,00/11,50/13,00/14,50/16,00
- Luces regulares (incremento de 2,00 m): 18/20/22
- Luces grandes (incrementos de 3,00 y 4,00 m): 25/28/32/36

Respecto al ancho de los tableros se presentan dos modelos, uno de vía simple y otro de vía doble, atendiendo de esta manera a las condiciones de la mayoría de los caminos vecinales. Los modelos de vía simple y doble tienen una sección respectiva total 3,80 m y 5,00 m entre paramentos interiores de barandillas.

Los puentes de luz superior a 22 m se proyectan de una sola vía, con una sección total de 3,80 m entre paramentos de barandillas (imagen 1).

En función de las luces se establecen los cantos totales (nervios más losas) de la estructura.

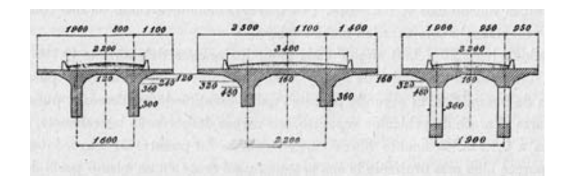


Figura 1

A modo de ejemplo, indicamos el canto total de las siguientes luces:

Luz: 5 m; Canto: 0,421 m (losa maciza)

Luz: 6 m; Canto: 0,66 m (losa nervada de nervio macizo)

Luz: 11,50 m; Canto: 1,09 m (losa nervada de nervio macizo)

Luz: 36,00 m; Canto: 2,59 m (losa nervada de nervio aligerado o calado)

En los 20 modelos proyectados, el canto esta siempre próximo a 1/10 de la luz.

Tipologías estructurales empleadas

Zafra establece 3 tipologías estructurales en función de la luz.

1. Luces pequeñas (imagen 2): Se opta por losas de espesor constante.
2. Luces medianas y regulares (imagen 3): Se emplean losas nervadas con nervios macizos. Esta tipología responde a la importancia que da Zafra al trabajo estricto de la estructura. Una mala distribución de material penaliza la estructura con un innecesario peso muerto que, como indica Zafra en la memoria del catálogo de modelos «influye en proporción al cuadrado de su luz». Las secciones proyectadas son muy eficaces para las condiciones de trabajo planteadas.

Zafra limita a dos el número de nervios de todos los puentes proyectados con losas nervadas. De esta

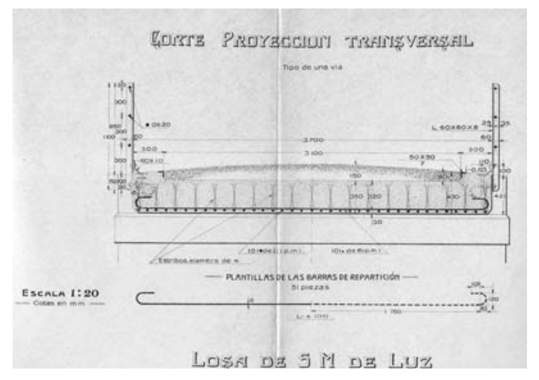


Figura 2

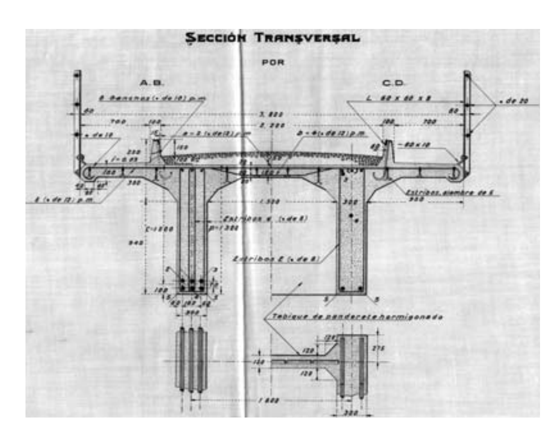


Figura 3

manera el cálculo del mismo es más preciso y sencillo, y «las cantidades de hormigón y de armadura... pueden ser aquilatadas hasta aproximarse mucho al ideal de lo necesario y suficiente». Se generan de esta manera dos piezas en «T», formadas cada una por un nervio y un tablero simétrico respecto al eje del nervio.

Estas dos piezas en «T», yuxtapuestas, forman una sola pieza en forma de «pi mayúscula» que define la sección tipo del puente.

Indistintamente de la luz del puente, la cabeza de compresión formada por el tablero y la parte superior del nervio es siempre la misma, solamente ajustándose el canto del tablero a la separación entre nervios resultante de proyectarse un puente de vía simple o doble.

De esta manera se genera una plataforma plana de hormigón sobre la que se apoya el firme, contenido lateralmente por 2 bordillos. La cabeza superior de los nervios en «T», parte resistente a compresión fundamental de la estructura, no forma escalones ni genera doblados de armaduras. Como puede observarse, la calidad geométrica de la sección es impecable, adelantándose a soluciones tipológicas que se emplearán décadas más tarde de manera genérica. Esta solución contrasta con la empleada hasta el momento por ingenieros de la influencia y calidad de Eugenio Ribera, con la consiguiente complejidad de encofrados y ejecución (imagen 4).

En todos los casos, la separación entre ejes de nervios es de 1,60 m. para puentes de una sola vía y

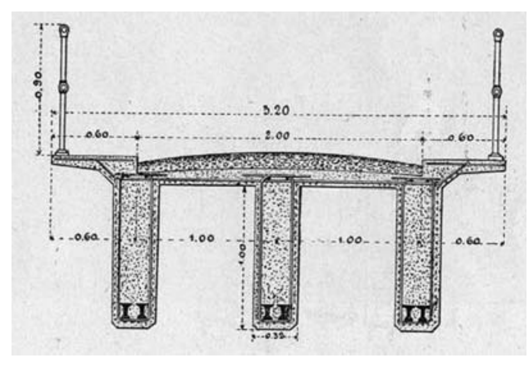


Figura 4

2,20 m. para puentes de doble vía.

3. Luces grandes: Zafra emplea losas nervadas con nervios aligerados o calados, generando una celosía rígida en «N» de hormigón. Esta solución ya la empleó en un puente para ferrocarril sobre el rio Vélez, en explotación desde 1908, de dos tramos de 26,40 metros de luz, y la repitió posteriormente hasta en 18 puentes de tramo recto para la Compañía de ferrocarriles suburbanos de Málaga (imagen 5: Puente sobre el rio Vélez. 1908).

Aun así, Zafra plantea una diferencia fundamental entre los puentes para ferrocarriles y los puentes para caminos vecinales que, según él, redundan en una mayor simplicidad y seguridad de ejecución: Se sustituyen los «montantes comprimidos y diagonales tensas» empleados en los puentes para ferrocarriles por «diagonales comprimidas y montantes estirados» (imagen 6 y 7).

Las condiciones del tablero y la cabeza de com-



Figura 5

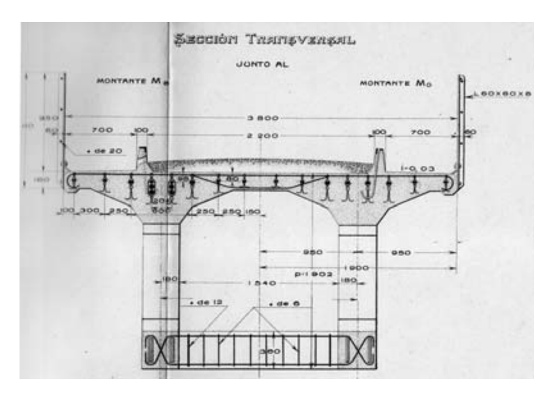


Figura 6

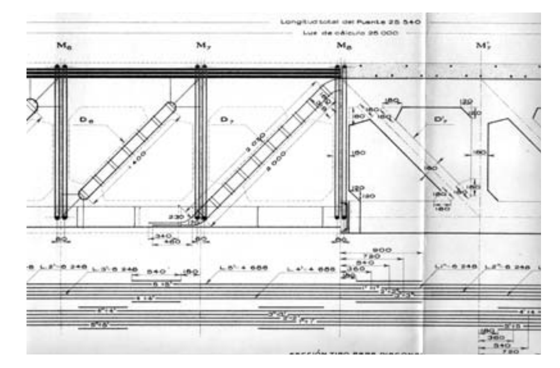


Figura 7

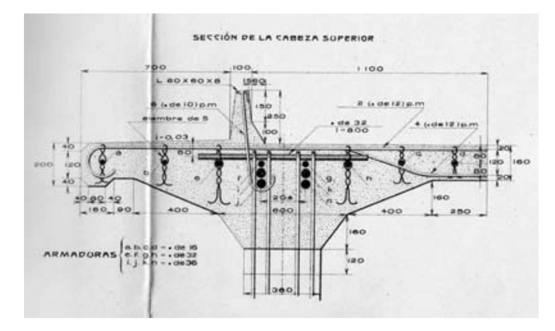


Figura 7

presión (imagen 8) son las mismas que las comentadas en el punto anterior (luces medianas y regulares), aunque en estos puentes es necesario introducir una viga inferior de atado de los nervios.

Estos puentes se proyectan de una sola vía, con una separación entre ejes de los nervios aligerados de 1,90 m.

Bases de cálculo

Los puentes están calculados para las siguientes condiciones de uso simultaneas: Una sobrecarga estática homogénea (calzada y aceras) de 400 kg/m^2, además de una sobrecarga móvil formada por un cilindro compresor de 6 metros de longitud con ejes que cargan de 8 y 12 toneladas respectivamente, precedido y seguido por una carga de 880 Kg/m (imagen 9).

A tenor de esta hipótesis de cálculo resulta que la incidencia del peso propio de la estructura en función de la luz y la sobrecarga de uso es del 70% en el puente de 36 m, del 50% en el de 11,50 m y del 39% en el de 6 m.

Las condiciones de resistencia del hormigón y el acero se fijan en 40 kg/cm^2 para el hormigón y 1.000 kg/cm^2 para el acero, habituales en la época.

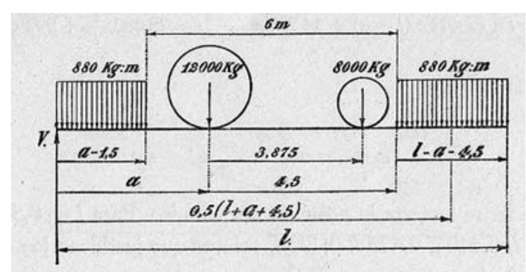


Figura 9

Condiciones facultativas

Zafra incorporo en su catálogo de modelos de puentes vecinales unas «condiciones facultativas», basadas en su propia experiencia y en las Instrucciones oficiales vigentes en España y otros países como Francia, Alemania y Suiza. A continuación destacamos algunos aspectos relevantes de las mismas.

Respecto a los materiales. Se definen las características granulométricas de las arenas y la piedra (preferiblemente canto rodado, aunque se acepta el machaqueo en condiciones determinadas), ambas de naturaleza silícea.

El cemento debe ser portland artificial de fraguado lento.

Las armaduras serán de acero de calidad dulce para construcciones, con una carga limite aparente elástica comprendida entre 2.500 y 3.000 kg/cm^2. Ninguna barra estará soldada, y se suministrará en la longitud prescrita en proyecto.

La composición del hormigón será la siguiente: 350 kg/m^3 en puentes de nervios aligerados o calados, y 300 kg/m^3 en el resto, determinándose las proporciones de arena y piedra experimentalmente: Se tomarán muestras de 10 litros, y se elegirá la dosificación que ofrezca un mayor peso de materias sólidas.

Respecto a la ejecución. La mezcla se realizará en seco, ligando el cemento y arena previamente, y añadiendo después la piedra. El agua se agregará lentamente, del modo más uniforme posible. El amasado podrá ser manual o mecánico.

Los moldes o encofrados serán de madera o metálicos, y se unirán entre ellos por medios mecánicos de manera sencilla. Serán suficientemente resistentes como para soportar sin deformaciones aparentes los empujes producidos por el hormigón.

Los encofrados se montarán con una contra flecha en el centro igual a 1/1000 de la luz, salvo en las losas de 5 m o menos, que será de 4/1000 de la luz.

La máxima flecha producida 24 horas después del descimbramiento no superará la calculada bajo la acción del peso muerto, asignando al hormigón un coeficiente de elasticidad de 140.000 kg/cm^2 y a las armaduras otro 15 veces mayor.

Las armaduras de diámetro inferior a 2 cm se podrán curvar en frio, las demás, en caliente.

Hay una intención clara en estas condiciones facultativas de industrializar la configuración y disposición de armaduras, pudiéndose realizar este proceso, si es posible, en taller. De esta manera se garantiza la máxima fiabilidad y precisión de la obra.

Las barras redondas se empalmarán mediante manguitos terrajados, según las indicaciones de los planos (imagen 10).

En aquellos lugares donde se crucen muchas barras se recubrirán con mortero rico de cemento, previo a su hormigonado.

Conclusión

Este catálogo de modelos de puentes económicos de hormigón armado para caminos vecinales no constituye una novedad técnica ni supone una revolución dentro del conocimiento del hormigón armado en el entorno europeo y americano de la segunda década del siglo XX.

No olvidemos que en 1907, Eugène Freyssinet proyecta y construye el puente de Prairéal-sur-Besbre, una celosía en arco de hormigón armado (imagen 11), o entre 1911-1912 el puente Boutiron, de tipología similar aunque mayor calidad proyectual (imagen 12).

La importancia de este catálogo de modelos de puentes económicos de hormigón armado para caminos vecinales reside, en mi opinión, en que supone el punto de inflexión definitivo en la regularización del empleo del hormigón armado en España como una técnica sujeta a normas y experimentación científica, y ajena a prácticas empíricas ligadas a patentes.

En este momento, Zafra sitúa la ciencia y tecnología del hormigón armado en España a un nivel equi-

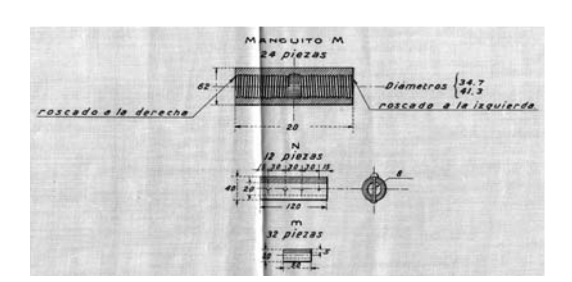


Figura 10


Figura 12



Figura 13

parable al del resto del mundo, sentando las bases de una escuela de grandes creadores de estructuras de hormigón armado (imagen 13: Puente sobre el rio Vélez. 1908. Estado actual).

NOTAS

1. Algunos de los manuales sobre hormigón armado publicados en España por técnicos españoles entre 1900 y 1911 son:
   –Luengo, Juan. 1900. Cementos armados, descripción y cálculo de las obras. Madrid. Bailly-Bailliere.
   –Ribera, José Eugenio. 1902. Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras. Madrid. Imprenta de Ricardo Rojas.
   –Seco de la Zarza, Ricardo. 1910. Cemento armado. Cálculo rápido, datos prácticos. Madrid. P. Orrier editor.
   –Zafra, Juan Manuel. 1911. Construcciones de hormigón armado. Madrid: Imprenta de V. Tordesillas.
2. Martín Nieva, Helena. 2000. *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* Sevilla, 26-28 octubre 2000, eds. A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. Tabales, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, U. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU.
3. Destacamos los polémicos artículos publicados en la Revista de Obras Públicas entre el 2 de mayo y 12 de septiembre de 1912 por Zafra y Hennebique.

Faros de Alejandría y *Brigantium*: propuestas de reconstitución formal, estructural y de funcionamiento de la luminaria de la torre de Hércules de A Coruña

Manuel Durán Fuentes

Las antiguas rutas de navegación que iban directamente del puerto de salida al de destino eran habituales desde la época del bronce, tanto en el Mediterráneo (Arnaud, 2005) como en el peligroso océano Atlántico. En épocas más recientes fueron los fenicios, los griegos y más tarde los romanos los que realizaron estas rutas de alta mar con mayor asiduidad y frecuencia por motivos comerciales y de conquista. En época romana este permanente tránsito marítimo exigió buenos puertos que debían situarse en lugares estratégicos, reunir condiciones favorables para el abrigo de los navíos de los temporales y tener suficiente calado. Se establecieron cerca de núcleos de población o campamentos militares y estaban conectados con el territorio interior por una tupida red de caminos. En los puertos romanos se construyeron infraestructuras portuarias con una tecnología muy desarrollada. Poseían diques y escolleras de abrigo, muelles de atraque dotados de puntos de amarre y accesos, en ocasiones grúas para el manejo de las mercancías, almacenes y comercios, templos dedicados a las divinidades protectoras, faros y semáforos.

Los primeros edificios de señalización marítima en la Antigüedad clásica

Las torres que se construyeron en el Mediterráneo Oriental en épocas clásicas son los primeros hitos conocidos de señalización tanto diurna como nocturna. Hubo columnas y otras construcciones fijas que ayudaban a los pilotos a salvar los peligros de la costa. Para balizarla en horas nocturnas se encendían hogueras o fuegos en braseros en los puntos altos o en la proximidad de algunos templos estratégicamente situados. Las ruinas de tres torres cilíndricas de mármol halladas en la costa noreste de Thasos (Grecia) y construidas en la época arcaica, son la evidencia arqueológica de estos primitivos faros. El fuego se encendía en su parte superior y en uno de ellos, el de Phanari, se realizaba sobre un enlosado de gres situado en la cima de la torre (Koselj, Wurch-Közelj 1989).

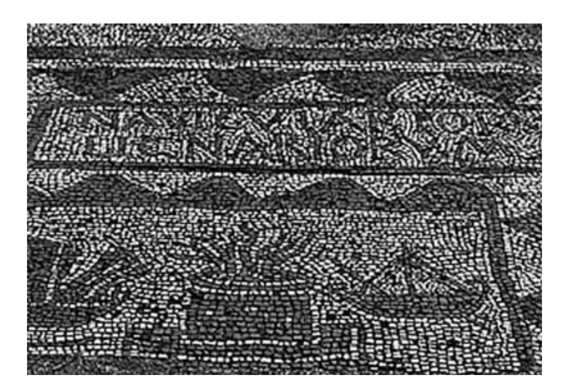


Figura 1
Representación de una torre de señalización redonda y de poca altura en un mosaico de la Plaza de las Corporaciones en *Ostia Antica* (M. Durán, 2010)

La torre de la isla de Pharos en Alejandría

La primera gran edificación usada como linterna marítima fue la construida la isla de Pharos en la ciudad egipcia de Alejandría, iniciada por el faraón helenístico Ptolomeo I Soter (305-283 a.C.), y terminada por su hijo y sucesor Ptolomeo II Filadelfo, en el año 279 a.C. Hasta hace poco se consideraba a Sostrato de Cnidos como su arquitecto, aunque hoy se sabe que fue la persona que financió y dedicó la construcción al faraón (Giardina 2010, 57, n. 299). Tuvo una altura que superaba los 100 metros para ser vista desde mar adentro, ya que la costa era muy llana y carecía de accidentes geográficos que permitiesen la localización del puerto.

Los cronistas antiguos del faro dicen que era una gran obra en la que se emplearon buenos materiales y técnicas constructivas que le proporcionaron una gran solidez. Por su magnificencia fue ampliamente reproducido en mosaicos, monedas, vasijas, estelas, etc., destacando las monedas de época imperial romana por su abundancia y por aportar muchos detalles a pesar de reproducir una imagen esquemática.



Figura 2
Posible representación del faro de Alejandría en el mosaico de La Vega Baja, Museo de Santa Cruz (Toledo) (M. Durán, 2010)

La reconstitución del faro más conocida es la del arquitecto alemán Hermann Thiersch (1909), considerada por algunos especialistas como fantasiosa y magnificada (Reddé 1979, 870). Hay otras propuestas, basadas en general en la lectura e interpretación de los textos de cronistas y viajeros, la mayoría de origen árabe. En España destaca la realizada conjuntamente por el arabista español Miguel Asín Palacios (1933), (1935) y el arquitecto M.L. Otero. Se basaron en los escritos del viajero andalusí Ibn al-Sayj, que Thiersch no llegó a conocer. El profesor Asín, que cotejó numerosas citas que se hallan en la literatura de la antigüedad y en los escritos de geógrafos árabes desde el siglo IX al XIV, reconoce la falta de objetividad histórica de muchos de ellos pues sus relatos no son el resultado de visitas e inspecciones directas sino meras reproducciones acríticas de noticias y leyendas. Sí confía en la exactitud de los datos proporcionados por al-Sayj, por su oficio y por los medios empleos en su visita al faro.

A titulo de ensayo y en un intento de aportar una nueva versión de la imagen reconstituida del Faro de Alejandría, realizamos una propuesta extraída de la lectura de los textos de los cronistas árabes, traducidos y publicados por Asín Palacios (1933) (1935) y Vázquez Ruiz (1949). Se ha tratado de dar una nueva interpretación desde un punto de vista ingenieril y constructivo, siendo en todo momento conscientes de que las fuentes en las que nos basamos tienen mucho de fábula e invención, y que, en muchas ocasiones, describen partes del faro que estaban reconstruidas o dañadas, y otras que no pudieron verlas como fue su base pues en esas épocas ya se encontraba sumergida unos 6,00 metros debido a la subida del nivel del mar. Estas fuentes ya fueron cuestionadas en 1227 por un geógrafo árabe-bizantino Yaqut, que después de su visita manifiesta lo hiperbólico e inventado de las descripciones de los geógrafos (Asín 1933, 276), ya que lo considera un edificio normal, muy reconstruido, sin tantas cámaras como reflejaban otros autores.

La información de al-Sayj nos ha permitido recrear el alzado exterior pero resulta insuficiente para la distribución de las cámaras interiores que citan las crónicas. Para realizarla hemos completado sus datos con los proporcionados por Abu Ubaid Abd Allah al-Bakri (1040-1094) (Asín 1935), que al parecer escribió sin haber viajado, y por Abu Hámid al-Andalusí al-Garnatí, que sí viajo a Alejandría y visitó el faro en numerosas ocasiones (Vázquez Ruiz 1949, 9).

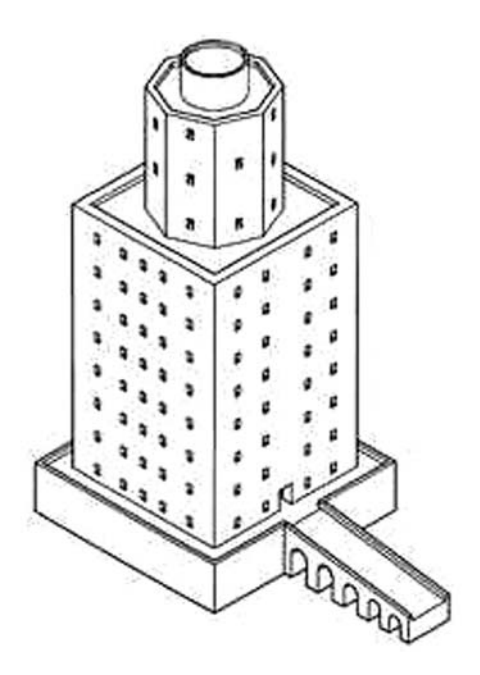


Figura 3
Reconstitución hipotética del Faro de Alejandría

Se desconoce cómo era la cimentación del faro, pues los antiguos relatos hablan de bóvedas que se apoyaban en unos enigmáticos 'cangrejos' de bronce en las esquinas, que según Van Berchem (p. 482 y ss.) eran similares, pero de mayor tamaño, a los que sirvieron de apoyo al obelisco alejandrino que se halla en el Central Park de Nueva York. Hasta la fecha no hay ninguna confirmación arqueológica de todo ello. El faro romano de Leptis Magna en Libia se construyó sobre dos bóvedas cuya solera estaba a ras del mar. Es posible que las campañas arqueológicas que el Centro de Estudios Alejandrinos está llevando a cabo bajo las aguas del puerto de Alejandría cerca de donde estuvo el faro, aporten los datos que permitan saber cómo era.

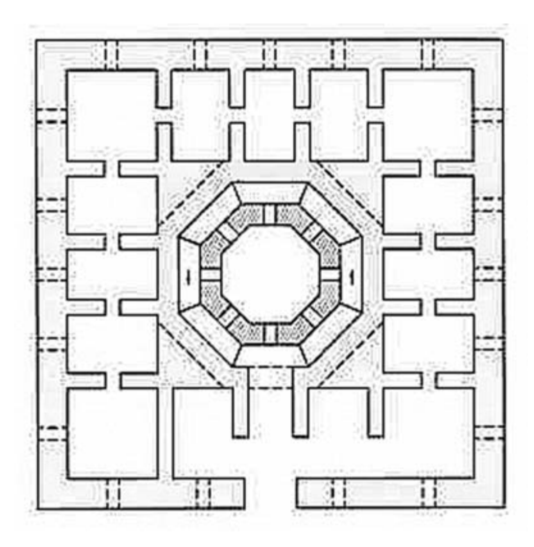


Figura 4
Reconstitución hipotética de la distribución de las cámaras interiores, pasillos y rampas del primer cuerpo del Faro de Alejandría

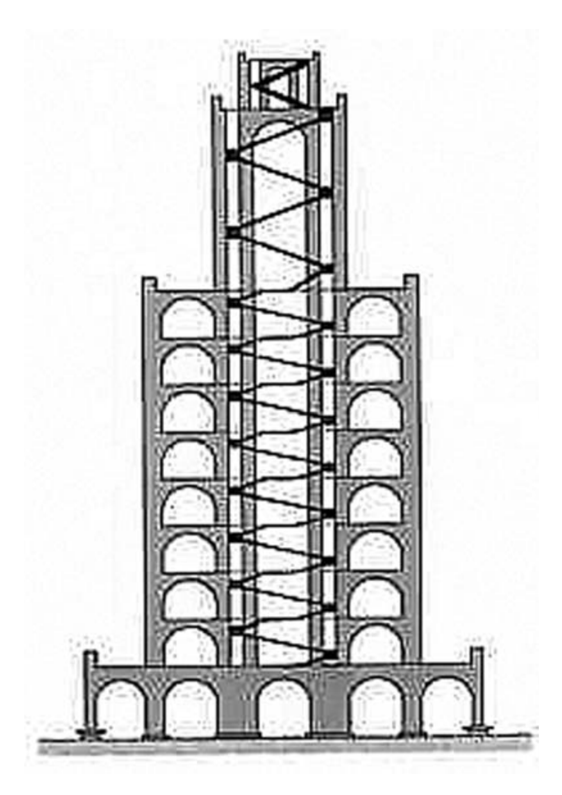


Figura 5
Sección transversal hipotética del Faro de Alejandría (M. Durán, 2011).

La Torre de Hércules de A Coruña

Es uno de los pocos faros romanos que conservan parte de su fábrica original y el único que permanece activo. En el año 2009 fue declarado por la Unesco Monumento Patrimonio de la Humanidad.

Si dejamos a un lado las leyendas que relacionan la Torre con personajes míticos, se considera que la referencia de Paulo Orosio en el siglo V es la más antigua. Sitúa en la ciudad de *Brigantium* de la *Gallaecia* un faro de gran altura que se yergue para indicar la ruta de Bretaña. Los últimos estudios sitúan su construcción en tiempos de Augusto quizá como consecuencia de la expansión del Imperio, por el occidente europeo. Los faros atlánticos de *Tour d'Odre* en Boulogne-sur-Mer en Francia y de *Dubris* en la actual ciudad inglesa de Dover, se construyeron unos años más tarde, en épocas de Calígula y Claudio respectivamente, para servicio de la flota establecida para la conquista de Britania, la *Classis Britanica*.

Se edificó en un promontorio que mira al norte en un extremo del Golfo Ártabro como hito de señalización, a los navíos que pasaban por estos mares o que se dirigían al puerto natural de *Brigantium*, y quizá también, como sostienen algunos expertos, en honor del emperador Augusto o de la grandeza del Imperio al estar situado en uno de sus límites más occidentales.

En este trabajo se propone una reconstitución del faro romano basada en los restos arqueológicos conservados en su base y en diversas fuentes documentales a las que hemos tenido acceso. Para dar una solución a algunos elementos hemos recurrido a soluciones constructivas similares de otras construcciones de la misma época. Sobre algunos aspectos de la antigua luminaria, y en concreto en lo referente a la automatización de su movimiento giratorio, hemos hecho una propuesta que a pesar de ser hipotética, se ajusta no solamente a la tecnología de la época sino a la forma, distribución y detalles del edificio romano. Toda la configuración del mecanismo y su funcionamiento se haya justificada por los oportunos cálculos estáticos e hidráulicos.

En las campañas realizadas en 1992 (Bello 2009) se ha hallado la cimentación del forro exterior de sillería desaparecido en época medieval y además de otras piezas entre las que destaca una cornisa con moldura de talón, así como otros sillares que por los agujeros y muescas que presentan se deduce que la fábrica de estos muros exteriores estaba trabada con grapas y espigos de hierro y posiblemente con enlaces de madera o plomo en forma de cola de milano.

La base de la torre era más ancha en la dirección E-O que en la N-S, y aunque se desconoce su verdadera dimensión —ya que las campañas arqueológicas no se han completado por el lado oeste— este hecho permite suponer que el acceso al interior de la Torre en forma de rampa o escalera, se realizaba por la cara E.

El cuerpo del faro estaba formado interiormente por un núcleo de mampostería hormigonada revestido de sillería granítica y distribuido en tres pisos de cuatro cámaras abovedadas cada uno, y exteriormente por muros de sillería granítica. Entre estas dos partes hubo una rampa helicoidal que subía hasta la azotea donde estaba el cuerpo cilíndrico techado con una cúpula en el que se alojaba la luminaria. De todo ello solo quedan el núcleo con las citadas cámaras y el recuerdo de cómo se desarrollaba la rampa de subida en algunos grabados antiguos, la mayoría del siglo XVIII. En ellos están dibujadas en los muros del núcleo las huellas del empotramiento de la bóveda que cubría la rampa, y que pudo ser de sillería de piedra en las esquinas del edificio y de *opus vittatum* en los tramos intermedios (Cornide 1792, 27).

Desde esta rampa de una anchura aproximada de 1,30 m se accedía a las cámaras interiores a través de puertas con jambas de sillería y dinteles adovelados, conservándose algunas de ellas.



Figura 6
Pieza de una cornisa de la Torre de Hércules de A Coruña (M. Durán, 2011)

Se supone que en los muros exteriores hubo unos huecos o ventanas que seguirían una distribución helicoidal como la rampa, ya que tendrían como misión fundamental su iluminación, aunque no hay ninguna prueba arqueológica ni documental que asegure su existencia.

Se desconoce si el cuerpo principal de la torre mantenía la misma sección cuadrada —de unos 18 metros de lado— en toda su altura o iba reduciéndose, como creemos, con retallos formados por cornisas al mismo nivel que los respectivos pisos. Quizá también hubo otra cornisa invertida en la base y otra en el borde de la terraza coronando los alzados. La única prueba arqueológica de estas suposiciones son las escasas cornisas halladas en la base de la torre. Debido a la temprana desaparición de los lienzos exteriores del faro —saqueados en el Medievo para emplear su sillería en las murallas y casas de la antigua ciudad de A Coruña— no se reflejan en los dibujos antiguos de la Torre, los más antiguos del siglo XVI.

La rampa ascendía con una pendiente variable entre el 11 y el 16% hasta la terraza, en cuyo piso enlosado, hoy visible en la llamada Sala Giannini, hay dos piezas con forma de doble T enlazadas entre sí, que incrementarían su trabazón.

El edificio superior constaba de un cuerpo cilíndrico de sillería rematado en una estrecha cornisa sobre la que apoyaba una cúpula semiesférica también de sillería. Para colaborar en su sostenimiento hubo unos contrafuertes que, como aparecen en algunos grabados antiguos, no sobresalían mucho de los paramentos. El plano dibujado por el ingeniero militar Baltasar Ricaud en 1772 nos parece en más fiable de todos los conservados, ya que estos profesionales eran muy rigurosos al trasladar a los planos las mediciones que efectuaban, como hemos comprobado en los estudios realizados sobre los puentes históricos de España. Según este ingeniero el diámetro interior y exterior del cuerpo vertical eran de 8,80 varas (7,36 m) y 11,28 varas (unos 9,43 m) respectivamente, y 1,24 varas el espesor de la pared.

Con respecto a los huecos que poseía el cuerpo cilíndrico de este edificio sabemos que en el siglo XVIII se conservaban dos, uno orientado al norte y otro a la ciudad, y que funcionaban como puertas. Sin embargo Baltasar Ricaud refleja en la planta del edificio cuatro huecos o ventanales dispuestos entre machones que marca con unas líneas a trazos entrecruzadas, dos abiertos y dos cerrados cómo al parecer se

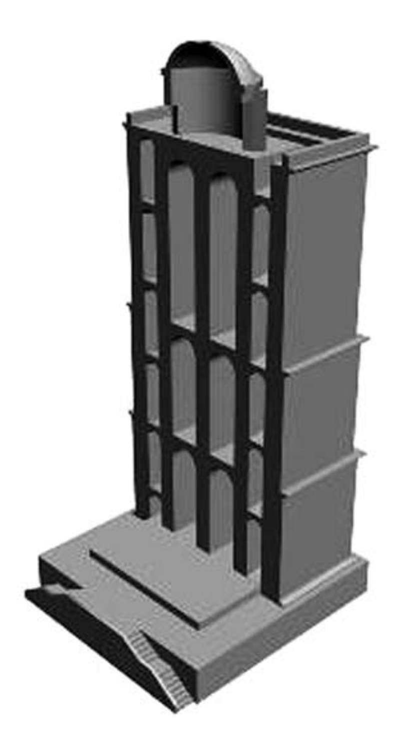


Figura 7
Sección transversal hipotética de la Torre de Hércules (Plan Director Torre de Hércules)

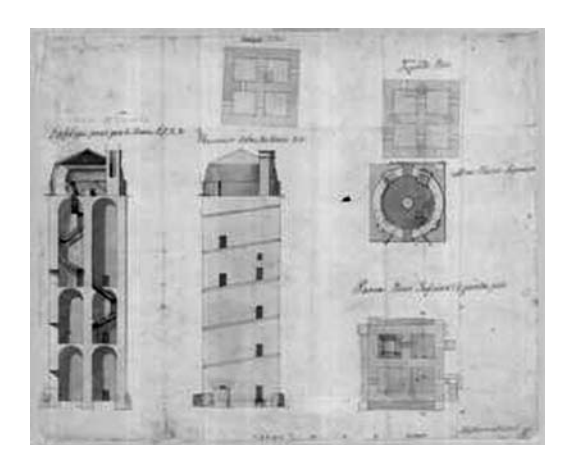


Figura 8
Plano de la Torre de Hércules del ingeniero Baltasar Ricaud (1792) (Plan Director Torre de Hércules)

hallaban en el siglo XVIII. Estos cuatro vanos eran originales y por tres de ellos se proyectaba la luz de la linterna. Así también lo estima el profesor Antonio Rodríguez Colmenero que últimamente, con ocasión de la elaboración del Plan Director de la Torre de Hércules, ha propuesto una nueva lectura del pasaje del geógrafo Claudio Ptolomeo donde menciona la ciudad de *Flavium Brigantium*, y en concreto un nuevo significado para la palabra griega *trileukón* que traduce como tres brillos, luces o claridades. Hay una referencia expresa de estas aberturas en un la ejecutoria de Carlos I de 1552, en donde se mencionan «la bóveda y las aberturas para dar paso a la luz del sistema de iluminación» (Sánchez Terry 1987, 190).

Las luminarias de los faros de la antigüedad

En la documentación clásica se encuentran solo referencias a la utilización de fuegos o antorchas que se encendían en la parte superior de torres para la señalización marítima nocturna. Una antigua reseña es la de Plinio el Viejo que al tratar sobre la torre de Pharos escribe que «el uso y provecho desta (sic) torre es tener encendidos fuegos, para los que navegan en la obscuridad de la noche conozcan los vados y la entrada del puerto, como ya hay en otros lugares semejantes torres en que resplandecen fuegos, como en Púzol y Rávena» (1998 tomo IIa, 176). Estos fuegos se encenderían sobre el enlosado del piso o en braseros a cielo abierto, o incluso en el interior de recintos cerrados para proteger la llama de las inclemencias del tiempo. Tendría que tener huecos traslucidos con rejas de hierro con láminas de vidrio o de yeso cristalizado.

El combustible empleado, de acuerdo con la opinión más extendida, era la madera seca que daba una buena llama, sobre todo si se impregnaba con aceite, grasa o resina. Su empleo exigía un constante mantenimiento del fuego y por ello una cantidad importante de madera. Además para que su luz tuviese la intensidad necesaria para ser vista, exigía que la llama fuese visible. Por lo tanto si el fuego se realizaba dentro de un recinto la llama debía sobresalir por encima de él, y si las condiciones meteorológicas eran adversas por lluvia y viento, era difícil mantenerlo activo. Si se utilizaba un brasero dentro de un recinto protegido del mal tiempo, la llama podía ser menor y se reducía el consumo de leña. (Peña Olivas, 2005, 8-7 y ss.). Para superar estas limitaciones es posible que en algunos faros de cierta importancia se utilizase un combustible líquido, más eficaz desde el punto de vista de la luminosidad producida al quemarse en una mecha, como el aceite de oliva o cualquier otro, muy empleados en la iluminación domestica, en minas u otros lugares sin luz.

Una propuesta de luminaria mecanizada para el Faro de Brigantium

La realización de un fuego sobre un brasero protegido de las inclemencias es una solución aceptable como sistema de iluminación de un faro, pero consideramos que, dada la importancia que seguramente tuvo en la navegación atlántica romana, pudo existir otros sistema más evolucionado que emplease aceite como combustible, con un espejo metálico pulido parabólico que concentrase la luz de la llama y que la luminaria girase cadenciosamente para eliminar el problema que planteaba Plinio de que los navegantes confundiesen la luz fija de un faro con una estrella en el horizonte.

La propuesta que presentamos para la Torre de Hércules está basada en primer lugar en los restos arqueológicos hallados en la torre, en los datos suministrados por los relatos históricos y los planos anteriores a su rehabilitación —de los que destacamos el de Baltasar Ricaud— y en segundo lugar para la parte mecánica, en los conocimientos tecnológicos de la época descritos por Vitrubio en sus diez libros sobre arquitectura y por Herón de Alejandría en *Las Pneumáticas*. Este hipotético mecanismo giratorio automatizado encajaría dentro del proceso de mecanización que se produjo durante el Imperio para mejorar la eficacia y la economía de algunos procesos productivos.

En la torre hubo dos piezas de piedra que creemos que formaban parte de la luminaria. La primera, que ya no se conserva, era una mesa o ara redonda que Baltasar Ricaud dibuja en su plano (figura 10) y que otro ingeniero, Manuel de Navacerrada (López Vallo 2003), describe en un informe en el año 1787, de 2 varas de diámetro y una de alto. La segunda pieza, que estuvo abandonada mucho años al pie de la Torre y que ahora está debidamente custodiada, es una piedra troncocónica esviada con dos caras circulares, de 1,18 m la mayor y 0,78 la menos, y 0,47 m de altura (Sánchez García 2004, 292), que creemos que fue el mechero de la luminaria.

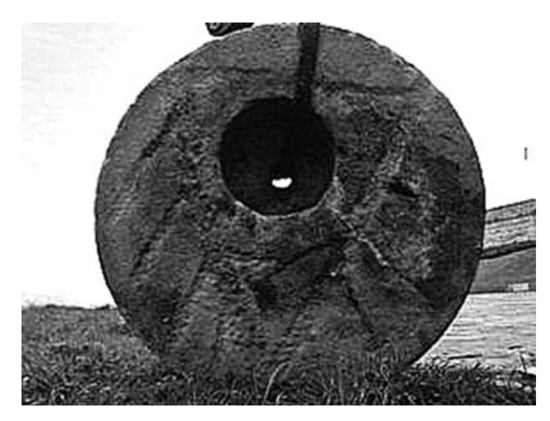


Figura 9
Piedra troncocónica hallada al pie de la torre que sería el mechero de la lámpara de la Torre, con huellas de haberse realizado fuego en una de sus caras (Foto Plan Director Torre de Hércules)

La movilidad de la luminaria podría conseguirse al girar un armazón sobre la primera piedra descrita en el párrafo anterior, de un modo similar a un antiguo molino de cereal. Este giro pudo ser automatizado de un modo muy sencillo y con una tecnología muy básica, pues las máquinas que se necesitaban eran la polea, la rueda dentada, los vasos comunicantes, el sifón invertido, la maquina hidráulica de Ctesibio (s. III a.C.) descrita por Vitrubio (IX,8), y varios dispositivos descritos por Herón de Alejandría como el sistema de accionamiento para avanzar la mecha en una lámpara y un aparato para extraer vino de una vasija.

Descripción del mecanismo giratorio de la luminaria

La luminaria sería un cuerpo de madera paralelepipédico en el que estaba el depósito de aceite, se asentaba el mechero de piedra descrito y el espejo reflectante. En los dos lados de mayor tamaño había unos armazones de madera de forma semicilíndrica, en cuya superficie exterior entablada se enrollaban, en direcciones opuestas, dos cuerdas que eran las que movían todo el conjunto sobre la piedra base. Este giro se produciría entre dos planchas de bronce, una en el fondo del cuerpo central y la otra en la parte superior de la base pétrea. Para facilitar el deslizamiento de una placa sobre la otra, posiblemente se podían lubrificar con aceite. Según Ibn Wasif Sah, el espejo del faro de Alejandría giraba sobre un asiento de cobre (Asín 1933, 282).

Las dos cuerdas, una que llamaremos «tractora» y la otra «equilibradora», se hallaban ancladas y enrolladas a distintas alturas en el entablado vertical del artefacto de la figura 13. Ambas se abrían horizontalmente hasta unas poleas que cambiaban 90º su dirección y descendían a las bóvedas del tercer piso de la torre a través de unos agujeros que todavía se conservan en sus centros.

La cuerda tractora tenía su otro extremo anclado a un eje o cabrestante horizontal con una rueda dentada en un extremo que engranaba con una barra cremallera vertical anclada a un flotador. Éste se hallaba dentro de un recipiente o vaso cilíndrico de madera (le llamaremos vaso 1) conectado por su parte inferior y mediante una tubería a otro vaso, el número 2, que tenía su mismo tamaño. Estos vasos se alojaban en dos bóvedas contiguas.

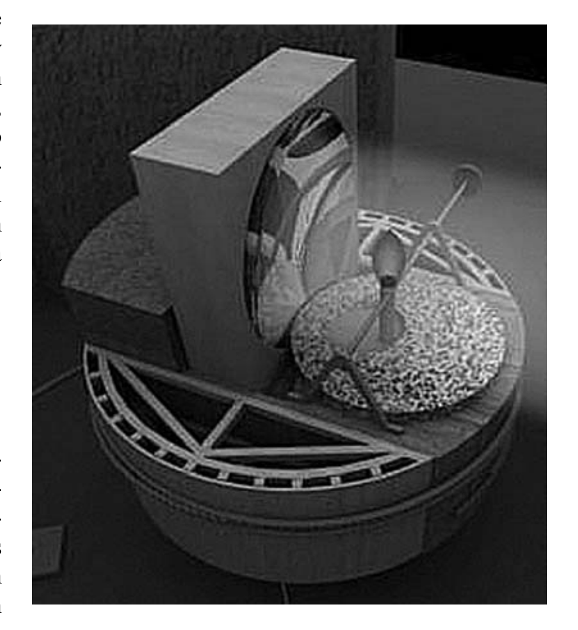


Figura 10
Cuerpo central y armazones laterales de madera semicilíndricos de la lámpara

En el extremo de la cuerda equilibradora colgaba un contrapeso en una tercera bóveda que, como veremos más adelante, será el que produzca uno de los giros de la luminaria. Estos giros serían de 180º para que la luz se proyectase desde el este al oeste pasando por el norte y a continuación en sentido inverso, pues los tres de los vanos del recinto superior estaban orientados a esas direcciones.

El sistema que producía el giro de la luminaria se basaba en el trasiego de agua desde un depósito exterior situado en la terraza del faro al vaso nº 2 que a su vez la pasaba al vaso nº 1 en donde estaba el flotador. Cuando el agua alcanzaba al nivel suficiente, el flotador gracias al empuje de Arquímedes iniciaba su ascensión y a la vez la barra cremallera. Para que esta elevación se produjese el empuje generado por el flotador tenía que superar la suma de su peso propio, el de la barra dentada, el del contrapeso y la fuerza de fricción que hay que vencer para que la luminaria gire. Los dientes de la barra al ascender hacen girar el cabrestante que enrolla en torno suyo la cuerda tractora, que desciende progresivamente arrastrando de su anclaje a la luminaria que gira sobre la base. Este giro produce a su vez el enrollado de la cuerda equilibradora alrededor de la luminaria que produce la subida del contrapeso.

En el vaso nº 2 había un sifón invertido con la rama ascendente dentro de él y la descendente fuera, que se alargaba hasta la bóveda inferior a través de su agujero central. Cuando el agua llegaba a la parte superior del sifón se cebaba automáticamente y se producía el vaciado automático de este vaso. Este momento coincide con el fin de uno de los giros de 180º de la luminaria y con la máxima elevación del contrapeso. El nivel del agua de ambos vasos baja y con él el flotador y la barra, la cuerda tractora se queda sin tensión y comienza a descender el contrapeso ya que nada lo impide. Desciende por su fuerza gravitatoria e impele a la luminaria a girar en sentido contrario otros 180º.

Los cálculos justificativos mencionados nos han permitido diseñar todo el mecanismo. Hemos visto que el diámetro de la luminaria podría ser 2,55 metros, su borde lateral de 0,90 metros y el peso total de 4,3 toneladas. El flotador tendría una altura de 2,35 m y los vasos un diámetro interior de 1,20 m. La longitud de la barra cremallera sería de unos 5,00 metros y el recorrido ascendente que produce un giro de 180º de la luminaria es de 4,00 m. Para alojar estos dispositivos y que pudiese funcionar según lo descrito se necesitaría una bóveda de una altura mínima de unos 11,50 metros, cosa que cumplen las existentes que tienen exactamente 12,47 m.

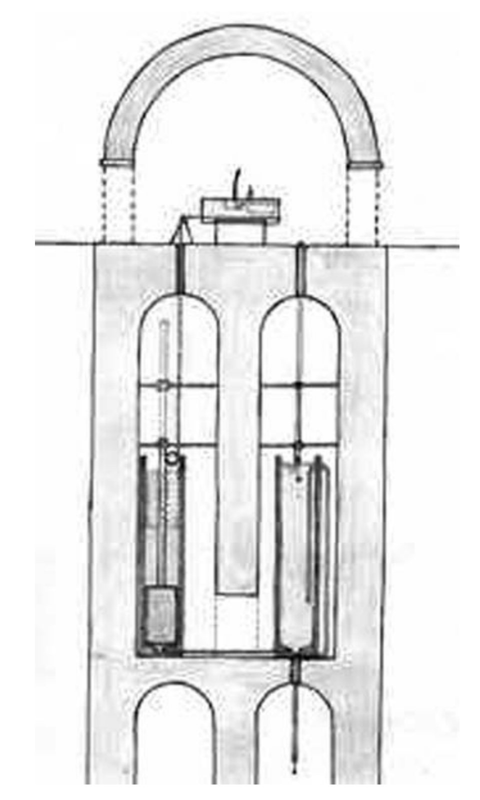


Figura 11
Sección transversal del mecanismo de giro automático de la luminaria

En el vaso nº 2 el cebado del sifón invertido se produce cuando el nivel del agua está a 6,30 m del fondo, y el extremo inferior de la rama ascendente está colocado a 1,40 m de la base. El volumen de agua necesario para producir el giro de 180º en 40 minutos es de unos 10 m^3 metros cúbicos y el diámetro de la tubería de aportación de 2,5 *digitus* (4,75 cm). Los agujeros que todavía se ven en los pisos de la torre son algo mayores de este diámetro. El consumo total de agua en una noche de 10 horas sería de unos 75 m3, volumen que sería menor si el giro de

180º durase más tiempo. El depósito exterior tendría una capacidad equivalente o inferior si suponemos que el agua estaba en un circuito cerrado al almacenarse en las bóvedas inferiores y impulsarse de nuevo al depósito de la terraza mediante unas bombas de Ctesibio.

Para limitar el consumo de agua habría una dispositivo en el depósito exterior que cortase el suministro al vaso nº 2 cuando se vaciase a través del sifón, y lo reanudase cuando se comenzase un nuevo ciclo de giros. Se basaría en el mismo principio físico que impide que un líquido salga de un recipiente cerrado si no entra aire en el mismo. Por tanto, el depósito exterior debía estar herméticamente cerrado cuando funcionase el faro, y dotado con un conducto de ventilación que, según estuviese abierto o cerrado, dejaría salir agua o no. Habría una tapadera giratoria al principio del conducto que lo taparía para que no entrara aire y que así no saliese agua. Si se desplazaba y dejaba el conducto libre, entraba aire y salía agua. El accionamiento de esta tapadera giratoria lo realizarían dos piezas o pletinas salientes adosadas al tambor de la luminaria y en posiciones diametralmente opuestas, que al inicio del giro desplazarían la tapadera y dejarían abierto el conducto. Al completar el giro de 180º una de las citadas pletinas desplazaría la tapadera en sentido contrario que cerraría el conducto de ventilación y no saldría agua del depósito. Este momento coincide con el inicio del vaciado del vaso nº 2 al cebarse su sifón. Durante el giro en sentido contrario el conducto estaría taponado pero al terminar la otra pletina saliente abriría de nuevo la tapadera, instante que corresponde con el cese del vaciado del vaso nº 2 y con el inicio de su nuevo llenado y un nuevo ciclo de giros.

Un mecanismo similar lo pudo tener el faro atlántico de *Dubris*, pues su interior posiblemente se hizo hueco para alojarlo. Este hueco cuya sección transversal cuadrada de 13,8 pies ingleses de lado (4,22 m) se mantiene constante en toda la altura conservada (unos 13,10 metros), alojaría sin problemas dicho mecanismo.

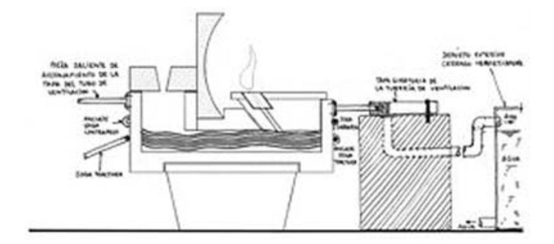


Figura 12
Sección transversal de la luminaria con el dispositivo de cierre del conducto de ventilación del depósito exterior

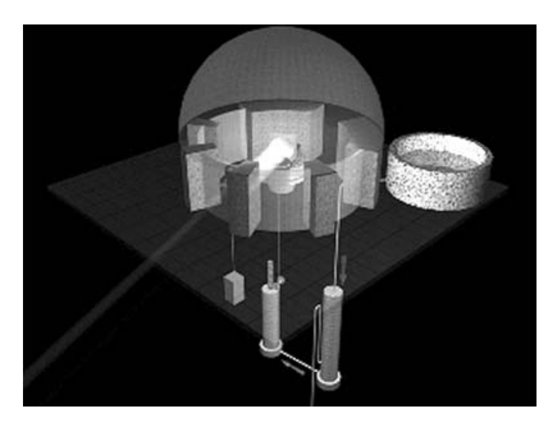


Figura 13
Imagen 3D del giro de 180º de la luminaria provocado por la subida del flotador

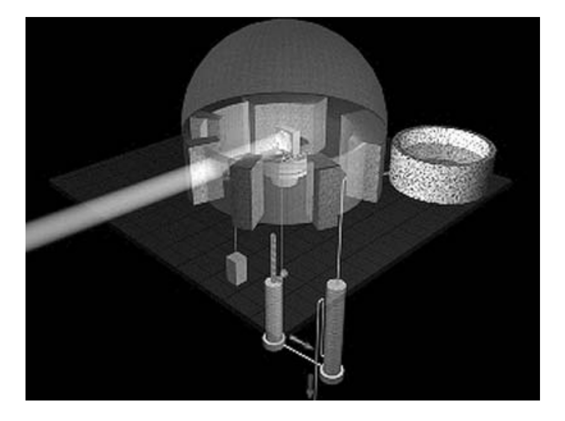


Figura 14
Imagen 3D del giro de la luminaria en sentido contrario provocado por la bajada del contrapeso al vaciarse los vasos



Figura 15
Interior hueco del faro romano de Dubris (Dover-Inglaterra).

Apuntes finales

Aceptada la existencia de tres luces o claridades en la cima de la Torre y las variaciones de sus intensidades, creemos que podría haber otra solución formada por tres puntos de luz fijos e independientes orientados al E, N y O, y que gracias a un sistema de apertura y cierre parcial cadencioso de un telón, cortinilla, pantalla o persiana, fácilmente de mecanizar y automatizar, se pudiese variar la intensidad de sus luces.

Lista de referencias

Asín Palacios, M. 1933. «Una descripción nueva del faro de Alejandría». *Al-Andalus, 1:241-300*. Madrid-Granada.

Asín Palacios,M. 1935. «Nuevos datos sobre el faro de Alejandría». *Al-Andalus, 3:1, 185-193*. Madrid-Granada.

Bartoccini, R. 1958. Il porto romano di Leptis Magna. Bolletino del Centro Studi per la Storia dell'arquitettura, nº 13. Roma

Bello Dieguez, J.Mª. 1991. «La Torre de Hércules y la leyenda». En *Ciudad y Torre. Roma y la Ilustración en La Coruña.* Ed. Ayuntamiento de A Coruña.

Bello Dieguez, J.M. 2009. «Brigantium y su faro. Contextos arqueológicos en la ciudad de A Coruña». *Brigantium, nº 20, 41-66.* A Coruña.

Cornide, J. [1792] 1986. *Investigaciones sobre la fundación y fábrica de la torre llamada de Hércules, situada a la entrada del puerto de La Coruña.* Librería Arenas. A Coruña

Giardina, B. 2010. *Lighthouses from Antiquity to the Middle Ages*. BAR International Series 2096. Oxford.

Haggerty Krappe, A. 1931. «Une légende de Coruña». *Bulletin Hispanique.* Tomo 33, nº 3.

Homero. *La Ilíada*. Trad. L. Segalá y Estalella. Madrid: Espasa-Calpe, S.A, 1976.

Hutter, S. 1991. *El faro romano de La Coruña.* Ediciós do Castro. A Coruña.

Koselj, T. y Wurch-Közelj, M. 1989. «Phares de Thasos». *Bulletin de Correspondence Hellénique* 113, 1: 161-181.

López Vallo, F.J. 2003. Http://www.estudioshistóricos.com/articulo/jlv/jlv_03.doc.

Medas, S. 2008. *Lo Stadiasmo o Periplo del Mare Grande e la navigazione antica*. Anejo XII. Publicaciones Universidad Complutense de Madrid.

Peña Olivas, J.M. de la (2005). *Sistemas de señalización marina en la antigüedad clásica*. Tesis doctoral sin publicar. Universidad Politécnica de Madrid.

Plinio Segundo, C. *Historia Natural*. Traslada y anotada por el Dr. Francisco Hernández 1576. Visor Libros. Universidad Nacional de México, 1998.

Rochas, A. 1884. «Les pneumatiques de Heron d'Alexandrie et de Philon de Byzance». En *La Science des philosophes et l'art des thaumaturges dans l'antiquité.* Http://remacle.org/index1.htm.

Sánchez Terry, M.A. 1987. *Faros españoles del Océano.* M.O.P.U. Madrid.

Stein, R.J.B. 2007. «Roman wooden force pumps. Use and performance». En *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau durant l'antiquité.* Centre Jean Bérard, nº 27, 7-17. Nápoles.

Thiersch, H. 1909. *Pharos antike islam und occident. Ein Beitrag zur architekturgeschichte.* Druck und Verlag Von B.G. Teubner. Leipzig und Berlin.

Torres Rodríguez, C. 1985. Paulo Orosio su vida y sus obras. Fundación Pedro Barrié de la Maza. *A Coruña.*

Van Berchem, M. 1894-1903. «Chateau du sultan Qayt-Bây a Elexandrie. Burdj Az-Zafar ou Pharillon, sur les fondations du phare Antique». En *Materiaux por un «Corpus inscriptionum arabicum» nº 320*. Egipto.

Vázquez Ruiz, J. 1949. «Nuevos datos sobre el faro de Alejandría». *Boletín de la Universidad de Granada, nº 87.* Granada

Wheeler, R.E.M. 1929. «The roman lighthouses at Dover». *Archeological Journal LXXXVI*, 29-46. London.

Lectura constructiva en el patio del Palacio Quintanar. Palacio urbano del siglo XVI. Piedra y madera

Ana M. Escobar González

Con dos materiales: Granito y madera están construidos los dos niveles de la galería del patio del Palacio Urbano de Segovia del s. XVI, perteneciente en su origen al mayorazgo de los Heredia y pasando en el s. XVIII a pertenecer a los marqueses de Quintanar.

Para analizar el sistema constructivo de la galería del patio, recorremos su alzado en vertical.

La solidez de la planta inferior se debe a las seis columnas de piedra de orden clásico apoyadas sobre un dado del mismo material y en cuyos capiteles se representan los escudos heráldicos de las familias titulares; a partir de este plano la madera sustituye a la piedra para la construcción del forjado y nivel superior.

Lo que a primera vista parece homogéneo y ordenado tiene una lectura constructiva donde los materiales nos informan de un proceso de adaptación para conseguir la estabilidad estructural a lo largo de los siglos. La solidez del granito en la planta inferior y la versatilidad de la madera en la planta superior es lo que proporciona al sistema constructivo la adaptabilidad a las exigencias requeridas.

INTRODUCCIÓN

La lectura constructiva, como instrumento de análisis en el estudio de las arquitecturas históricas es conveniente y necesario porque el edificio es construcción, la superposición bien aparejada de materiales que con su disposición organiza muros, bóvedas, forjados y estructuras para crear espacios.

Elijo tres referencias que me sirven de punto de partida. La primera es G.P. Broggiolo, arquitecto en la Universidad de Siena que trabaja con el concepto de la arqueología estratigráfica (Broggiolo 1996) tratando de integrar los estudios histórico y constructivo, expone que se debe analizar conjuntamente, desde los materiales, el sistema constructivo, la estratigrafía constructiva de cada elemento que forma parte de la estructura arquitectónica, dando cuenta del proceso constructivo y de las variaciones en el tiempo. Roberto Parenti, arquitecto y arqueólogo en la Universidad de Siena que expone el concepto de microhistoria del edificio (Parenti 1996, 26) para reconstruir los episodios constructivos de la arquitectura y poder utilizar los resultados en distintas direcciones e individualizar las unidades estratigráficas murarias, para analizar los cuerpos de fábrica, los materiales de construcción y la técnica constructiva. Por último Luis Caballero Zoreda (Caballero 1996, 56) escribe sobre la diferencia entre el conocimiento histórico y arquitectónico, exponiendo la discusión metodología entre el análisis arqueológico y el análisis constructivo.

Analizar el modelo constructivo como metodología de trabajo significa investigar y reflexionar conjuntamente en la historia, el sistema constructivo, el comportamiento de los materiales y la tipología edificatoria. A continuación voy a establecer como proceso para la lectura constructiva del patio del Palacio Quintanar, un análisis histórico previo que facilite la cronología del edificio y los momentos históricos

que le han provocado sus transformaciones; posteriormente una descripción constructiva de los distintos elementos que conforman el patio, describiendo la naturaleza y comportamiento de los materiales. Para finalizar con la exposición y el análisis de las variaciones y singularidades que producen la adaptación a una irregularidad natural en el desarrollo arquitectónico de todo edificio histórico.

Análisis histórico del Palacio Quintanar

El Palacio Quintanar es un palacio urbano situado en la plaza Conde Cheste de Segovia, dentro del recinto amurallado de la ciudad, tiene el carácter doméstico característico de los palacios que surgieron en la ciudad mandados construir por las familias nobles entre los siglos XV-XVI.

La cronología del palacio lo sitúa a mediados del s XV, aunque dispone de restos parciales de una estructura muraría anterior (Chaves 2006, 142). El palacio perteneció al mayorazgo de los Heredia hasta el siglo XVIII, momento en el que pasó a los marqueses de Quintanar de quienes recibe el actual nombre y que le dieron la configuración actual durante el s. XIX, adaptándose a los usos y decoración característicos de la época; desde el año 1949 el Palacio de Quintanar ha sido destinado a distintos usos educativos y culturales, como la Escuela de Magisterio y el Conservatorio de Música. Recientemente ha sido intervenido con un proyecto de restauración, redactado por la arquitecta Cristina Tremiño con el objeto de acondicionar y adaptar el Palacio al uso cultural, diversificando salas para exposiciones, estudio, archivo, despachos y oficinas.



Figura 1
Fachada principal del Palacio Quintanar



Figura 2
Galería del patio del Palacio Quintanar

La fachada principal enmarca su entrada con una portada de piedra caliza con once yelmos sobre las grandes dovelas y el escudo con los apellidos Heredia, Peralta, Virués y Osorio sostenido por dos salvajes armados con unas mazas (Cantalejo 2000,111), las fachadas laterales tienen una disposición de huecos en dos alturas y la parte posterior de la parcela se cierra con una tapia alta del jardín interior.

La entrada principal se produce a través del zaguán que en oblicuo nos dirige al patio porticado interior de dos niveles, con brocal y aljibe para abastecimiento de agua al propio palacio, la galería recorre tres de los cuatro lados del patio, dejando libre la fachada con orientación sur, el nivel inferior tiene basas y capiteles de granito con los escudos de armas de las familias titulares del edificio, el nivel superior tiene la galería construida en estructura de madera.

Descripción constructiva del patio del Palacio

Los materiales con los que está construida la galería del patio interior del Palacio Quintanar son piedra y madera. Los dos son materiales obtenidos directamente de la naturaleza, el primero inorgánico y el segundo orgánico, tienen un comportamiento muy diferente en su capacidad de resistencia y adaptación a

los esfuerzos. El granito, material de origen ígneo constituido por cristales de cuarzo, feldespato y mica que le confieren su característica textura granulada y homogénea con una alta resistencia a las alteraciones. La madera, material de origen leñoso, formada por fibras paralelas de densidad y morfología variable que le dan su carácter heterogéneo y una menor resistencia a las alteraciones externas.

Recorriendo en vertical el alzado del patio descubrimos el funcionamiento de su sistema constructivo. Las seis columnas de granito están apoyadas sobre una basa cuadrangular de piedra que lo separa del plano del pavimento del patio, el fuste de la columna tiene una longitud de tres metros y un diámetro de veintiocho centímetros con un ligero éntasis, rematado superiormente por los seis capiteles con escudos heráldicos tallados en una pieza única. El granito tiene una alta resistencia a compresión y una menor resistencia a flexión, las columnas del patio tiene la necesidad estructural de soportar la carga que les transmite el forjado y el nivel superior de la galería.

Por encima de los capiteles blasonados la madera sustituye a la piedra, con una zapata rematada en sus extremos que sirve de apoyo a la viga principal sobre la que apoyan las vigas perpendiculares del forjado que vuelan rematando con un relieve tallado. Sobre el nivel del forjado arranca la planta superior con los diez soportes verticales de sección cuadrada de dieciocho centímetros de lado y la balaustrada del mismo material en tres de los cuatro lados del patio, sobre cada uno de los pies derechos apoya el capitel-zapata y la viga del forjado de la planta superior que repite la



Figura 3
Fotografía del forjado de la galería



Figura 4
Fotografía de la superposición de materiales en la galería del patio

estructura de viga principal y forjado transversal que definen el vuelo de la cornisa que recibe el tablero de cierre sobre el que arranca la pendiente de la cubierta con teja cerámica colocada a canal. Los forjados están formados por un entrevigado de madera que reparten el peso entre la viga principal que apoya sobre las columnas y en el otro extremo el muro de carga que cierra las estancias interiores del palacio.

Variaciones y singularidades del patio del Palacio Quintanar

La descripción constructiva y estructural nos facilita la información a la que están sometidos los materiales, pero la lectura constructiva nos tiene que llevar mas allá, nos permite señalar las singularidades de cada elemento adaptado a las necesidades estructurales y al paso del tiempo.

Expongo a continuación las singularidades más destacables del análisis de los dos niveles de galería del Palacio Quintanar, señalando las regularidades e irregularidades que lo diferencian y asemejan en una comparativa con otros palacios de la ciudad.

La jerarquía constructiva de los materiales se establece entre los dos niveles diferenciando el nivel inferior de columnas de granito que sustentan junto con los muros de carga construidos en mampostería y posteriormente revocados y esgrafiados, la galería superior construida en un material más ligero y adaptable, como es la madera.



Figura 5
Fotografía rectificada del alzado oeste del patio



Figura 7
Fotografía rectificada del alzado este del patio



Figura 6
Fotografía rectificada del alzado norte del patio



Figura 8
Fotografía rectificada del alzado sur del patio

La traza planimétrica del patio presenta diversas irregularidades, sobre lo que se describe inicialmente como un patio de trazado cuadrado, se convierte en un cuadrángulo irregular de longitudes de lado diferentes, midiendo entre diez metros cuarenta y doce metros noventa centímetros. Cada uno de los tres lados de la galería tiene una dimensión diferente, cada tramo tiene una anchura distinta, la luz media de los forjados de la galería varía entre un mínimo de un metro treinta centímetros en el lado oeste del nivel inferior y el máximo de dos metros ochenta y cuatro centímetros en el lado este del nivel superior.

Es destacable la irregular distribución de los soportes en los dos niveles que no coinciden en su verticalidad, se observa en las fotografías rectificadas de los alzados del patio que no hay continuidad entre los soportes de los dos niveles, quedando los pies dere-

chos de los alzados norte y oeste apoyados en el vano de la viga principal, esta situación aporta un esfuerzo añadido a la viga principal que se detecta en la mayor deformación a flexión que tiene la viga el alzado norte. Además la galería superior vuela sobre el nivel inferior descentrado la verticalidad de la carga.

En la lectura constructiva también se observa la sustitución de materiales que se han producido durante las distintas intervenciones a lo largo de la vida constructiva del palacio, manteniendo materiales y sistema constructivo, aunque no siempre se ha mantenido el tratamiento del material. Maderas de distintas intervenciones, debido a que la madera como material orgánico sufre fácilmente el ataque de xilófagos lo que le lleva a la pérdida de su capacidad estructural y precisa la sustitución. También tres de las columnas de granito han sido sustituidas en la última intervención por tener reducida su sección estructural y presentar agrietamiento en los extremos.



Figura 9
Fotografía de un rincón del patio en el que se observan piezas de madera de distintas intervenciones

Comparativa con otros palacios urbanos de la ciudad

Realizando un recorrido por la arquitectura palaciega de la ciudad de Segovia, encontramos este mismo sistema constructivo en la mayoría de los patios de los palacios construidos a lo largo del s. XVI. La galería recorre tres o cuatro lados del patio, se repite el sistema constructivo adintelado con columnas de



Figura 10
Forjado de madera sustituida en el nivel superior de la galería

granito con escudos heráldicos en el nivel inferior y una galería en la planta superior construida en madera. Como ejemplo de ello expongo a continuación algunos de ellos destacando similitudes y diferencia con el patio del Palacio Quintanar.

El Palacio del Marquesado de Lozoya o Casa del regidor López Losa (figura 11), es actualmente sede del colegio de arquitectos de Segovia repite la misma disposición constructiva de materiales, pero con la galería recorriendo los cuatro lados, unas luces menores entre las columnas de granito y con la galería superior cerrada con carpintería doblando el número de soportes creando un ritmo mitad al de la planta inferior.

Casa del Conde Alpuente o Casa de Cascales (figura 12), en la actualidad oficinas del Servicio Territorial de Fomento, en este caso la galería recorre tres de los cuatro lados del patio, las columnas del nivel inferior tienen una mayor esbeltez y el nivel superior está cerrado con un peto de fábrica de ladrillo que proporciona mayor rigidez al cerramiento de carpintería de madera que tiene un ritmo no coincidente con el nivel inferior.

Palacio de Mansilla (figura 13) actualmente Universidad de Valladolid, tiene un desarrollo de columnas blasonas en los cuatros lados y una galería superior abierta, como en el Palacio Quintanar, pero manteniendo la correspondencia de soportes entre los dos niveles.

Por último, la Casa de los Rueda (figura 14), es una vivienda particular, tiene galería en tres de los

cuatro lados del patio, una alta esbeltez de las columnas del nivel inferior y la singularidad de tener para el nivel superior dos tipos de solución constructiva,



Figura 11
Palacio del Marquesado de Lozoya o Casa del regidor López de Losa



Figura 12
Fotografía del patio de la Casa del Conde Alpuente o Casa de Cascales



Figura 13
Fotografías del patio del Palacio de Mansilla. Galería superior abierta

una parte de la galería está cerrada con un muro de entramado, dejando parte de la galería abierta con soportes de madera no coincidentes con las columnas de granito del nivel inferior.

Conclusiones

Para terminar esta comunicación cabe mencionar los distintos aspectos tratados a lo largo de la misma que resumo a continuación:

La lectura constructiva y el análisis tipológico de los patios descritos permite comparar las variaciones y singularidades de cada de ellos. La singularidad de cada palacio en la trama urbana tiene una lectura diferente que necesariamente hay que individualizar.

La necesidad de considerar el edificio construido como la fuente primaria de información, complementándolo con el estudio histórico y documental, tratando de superponer y complementar toda la información.



Figura 14
Fotografía del patio de la Casa de los Rueda con la galería superior abierta

Los materiales se adaptan a las singularidades estructurales, la solidez del granito en el nivel inferior y la versatilidad de la madera en el nivel superior establecen una jerarquía estructural.

La lectura constructiva complementa a la lectura de paramentos con el carácter de los materiales y los sistemas constructivos, permitiendo incorporar el espacio y el volumen en el análisis de la lectura del edificio a lo largo del tiempo.

Lista de referencias

Broggiolo, G.P. 1995.«Arqueología estratigráfica y restauración». *Informes de la construcción* 435 (enero-febrero).

Caballero Zoreda, L. 1996. «El análisis estratigráfico de construcciones históricas». *Actas arqueología de la arquitectura*, 55-74.

Cantalejo San Frutos, R. 2000. *Patios porticados de Segovia*. Segovia: Real Academia de San Quirce

Chaves Martín, M.A. 2006. *Segovia. Guía de Arquitectura*. Segovia: COACYLE. Demarcación de Segovia.

Parenti, R. «Historia, importancia y aplicaciones del método de lectura de paramentos». *Informes de la construcción* 435 (enero-febrero).

Todas las fotografías que aparecen a lo largo del texto han sido realizadas por la autora del texto Ana M. Escobar González

Propuesta para la reconstrucción de los restos despiezados de una armadura de cubierta almacenados en los desvanes del Alcázar de Segovia

Miguel Carlos Fernández Cabo

Ante la sospecha de que un conjunto de cajas de procedencia desconocida, conteniendo un gran número de pequeñas piezas de madera almacenadas en los desvanes del Alcázar de Segovia, pudiera tratarse de las piezas de un artesonado desmontado, el Patronato del Alcázar de Segovia decide iniciar una investigación para aclarar tal suposición. Este artículo muestra el desarrollo de tal investigación en la que se mostrará detalladamente en qué manera se pudo llegar a una reconstrucción virtual de las piezas de madera almacenadas sin ningún tipo de clasificación o referencias de desmontaje para su posterior montaje. El camino se inicia con una medición sistemática de todas las piezas existentes, seguido por una clasificación y cuantificación de los diversos tipos de piezas almacenados. Se formulan unas primeras hipótesis a partir de las piezas más largas en las que se apreciaba claramente su labra para formación de limas dobladas y a partir de ahí se plantean hipótesis de la formación de los paños que lleva a la suposición de que se trataba de una armadura ochavada. El análisis detallado de las piezas previamente clasificadas permitió la reconstrucción virtual de los planos de la armadura completa que resultó tener una medidas totales de 5,10 × 12,83 m.

Introducción

Por encargo del Patronato del Alcázar de Segovia, representado para la ocasión por Antonio Ruiz, Catedrático de Historia del Arte del Departamento de Composición de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, tuve la oportunidad de investigar sobre los presumibles restos de una armadura de cubierta almacenados en las dependencias bajocubierta del Alcázar de Segovia.

Varios cientos de pequeñas piezas de madera —la mayoría de menos de medio metro de largo— se encontraban metidos en cajas de madera y se habían almacenado en los desvanes del Alcázar desconociendo su procedencia. Allí permanecerían hasta saber de qué se trataba y qué se podía hacer con esos restos, pues además de desconocer su procedencia se desconocía su significado; no se sabía que podría ser aquello que tenía toda la apariencia de un rompecabezas sin libro de instrucciones. Junto a estas cajas esparcidas por el suelo de los desvanes se encontraban algunas piezas más largas —de escasamente dos metros de longitud— con parecida sección y policromía, similar a la de las piezas pequeñas guardadas en las cajas. Las secciones de las piezas más abundantes eran en V —triángulo isósceles rectángulo—, pero también había unas cuantas de sección trapezoidal con dos ángulos rectos.

La primera hipótesis por parte de Antonio Ruiz, de que pudiera tratarse de los restos de un artesonado o armadura de cubierta, fue lo que le movió a contactar conmigo como especialista en armaduras de cubierta para intentar aclarar el rompecabezas. Antonio Ruiz había formado parte del tribunal en la lectura de mi Tesis Doctoral cuyo director había sido Enrique Nue-

re, a quién no dudamos en invitarle a visitar el Alcázar y realizar una primera interpretación de los restos de la armadura.

Visita al Alcázar

Junto con Antonio Ruiz y Enrique Nuere nos desplazamos a Segovia y ya en los desvanes del Alcázar comenzamos a esparcir por el pavimento los restos de alguna de las cajas y de algunas de las piezas mas largas que estaban almacenadas fuera de las cajas. Enrique Nuere fue el primero en darse cuenta de que algunas de estas piezas largas eran de sección trapezoidal con el característico corte a *patilla y barbilla* en uno de sus extremos y un corte aflautado en el otro. Este formato de pieza apuntaba directamente a la clara posibilidades de que este tipo de pieza fuera una de las diversas limas que forman las aristas de intersección entre los planos de los faldones, pertenecientes a cualquiera de los tramos de pies o cabecera de la armadura supuestamente ochavada, a juzgar por los cortes de las supuestas limas examinadas. La sección trapezoidal era la usual en limas con campaneo y sin cerrillo por lo que debían tratarse de *limas moamares* o bien de *limas dobladas*, siendo esta última suposición (figura 1) la que resultó ser la correcta a juzgar por el acople de unas pequeñas piezas aflautadas que se articulaban en la charnela entre los ochavos, y que se descubrirían con posterioridad.

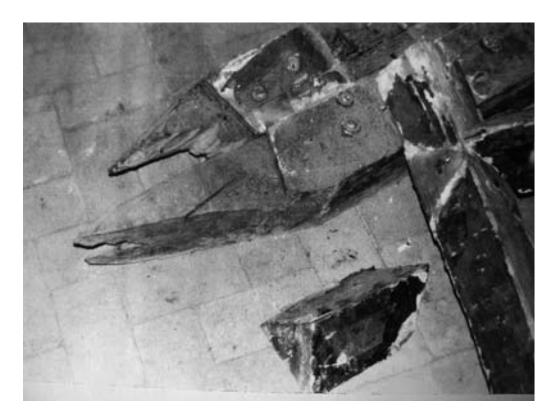


Figura 1
Detalle de encuentro de las limas dobladas en su cabecero con corte aflautado y una de las pequeñas manguetas de unión con el almizate

Los carpinteros de armar hispano-musulmanes inventaron la solución de descomponer en dos piezas la *limabordón* —pieza única que resuelve la charnela o arista de encuentro entre las *gualderas* o planos inclinados de la cubierta— con el objeto de poder prefabricar la armadura en taller y llevarla armada por paños a la obra, para que una vez ubicados in situ, solo tener que realizar el ensamblaje de la armadura por conjuntos —*paños*— y no pieza a pieza, librándose así de los inconvenientes de trabajar *a caballo de armadura* —montado o encaramado sobre ella— y de sufrir las inclemencias meteorológicas. Obviamente los paños en que se descompone la armadura han de ser planos, pues de otro modo se dificulta el transporte, tanto por las dificultades que implica mantener la rigidez de los planos oblicuos, como por el incremento de volumen que supondría en el apilado. Esta es la razón por la que las soluciones de limabordón no son aptas para la prefabricación en taller, motivo que seguramente llevó a los carpinteros de armar a proceder a la división en dos de la lima. En el caso de armaduras de lazo, las limas moamares se convierten en algo totalmente necesario, pues es prácticamente inviable —bajo un punto de vista económico— resolver paños cuajados de lazo a caballo de armadura.

Esta solución de limas dobladas o limas moamares, es la habitual entre los tratados españoles de carpintería del siglo XVII, sobre todo en el caso de armaduras de lazo. Así lo podemos comprobar en el tratado de López de Arenas (1633), en el manuscrito de la misma época escrito en América por Fray Andrés de San Miguel[1] y en manuscrito inédito de Rodrigo Marco.[2]

En base a esta primera hipótesis se buscaron las piezas que pudiesen armar un frente *ochavado* —parte de la cabecera o pies de la armadura que se remata achaflanando los arranques en escuadras— pues de confirmarse este supuesto, estaría gran parte del trabajo detectivesco resuelto, pudiendo a partir de entonces desarrollar los trabajos de catalogación y clasificación de todas las piezas. Buscando entre los restos del despiece pronto conseguimos encontrar las distintas piezas que nos permitieron montar sobre el suelo —a modo de un primer encaje o replanteo— uno de los sectores ochavados de la armadura (figura 2); de este modo la primera hipótesis quedaba así confirmada. Con esta idea se buscaron entre los restos las piezas iguales que supuestamente serían las li-

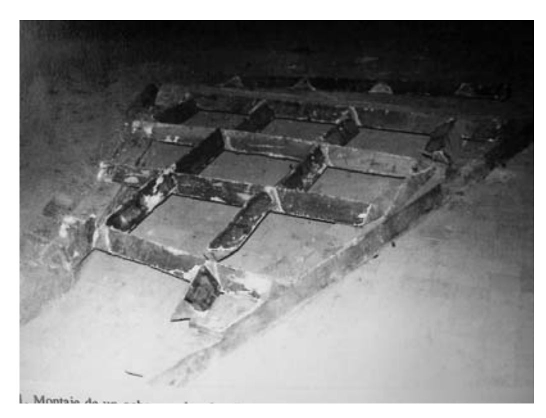


Figura 2
Primera hipótesis replanteada in situ con Enrique Nuere, donde se juntan todas las piezas de un sector ochavado, que daría pié a configurar el resto de la armadura

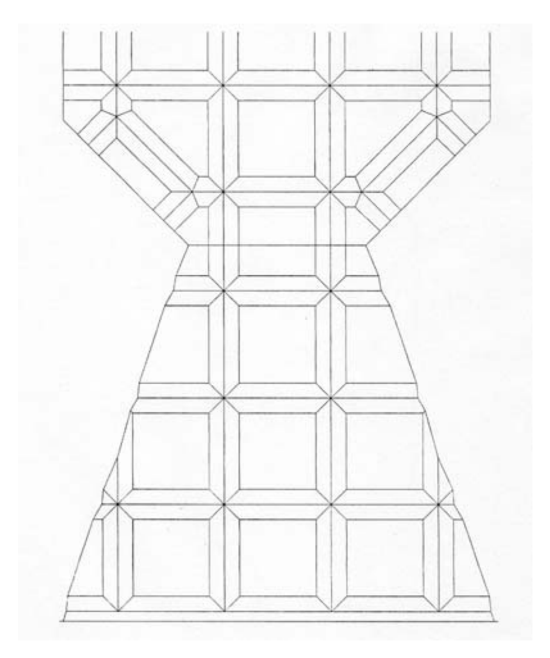


Figura 3
Trazado de la montea del ochavo, donde se dibujan las trazas del faldón y se adelanta una primera hipótesis sobre el trazado del almizate

mas dobladas; se encontraron 16 unidades de las cuales una estaba rota en dos piezas y del resto había 6 unidades con los apoyos de patilla y barbilla deteriorados y dos con las testas aflautadas en malas condiciones. El número de 16 unidades —equivalente a 8 limas dobladas— daba la pista de que se trataba de cada uno de los testeros de una armadura tipológicamente conocida como *ochavada* —armadura con chaflanes en las escuadras de ambos testeros, el de los pies y el de cabeza.

A partir de ese momento quedaba un largo trabajo metódico que realizar mediante la medición, inventariado y clasificación de todas las piezas almacenadas, pero ya teníamos la linterna que nos iba a permitir alumbrar ese camino. Obviamente la armadura que pretendíamos armar estaba ochavada. Esta idea permitió trazar una *montea* —trazas o dibujo en el que se encierran las claves geométricas de su trazado— de la armadura (figura 3). Esta primera conjetura también nos daba las dimensiones del plano de los faldones y la suposición más probable de que se trataba de una armadura de tres paños —los dos planos que forman las familias de pares entre sí, más el almizate o plano horizontal formado por los nudillos o barras horizontales de la estructura.

La gran cantidad de piezas existentes que iban apareciendo, así como la presencia de piezas de borde de sección trapezoidal, condujo enseguida a confirmar la hipótesis de una armadura ochavada con *perluengo*, es decir, más larga que ancha, o con una dirección dominante. Solo quedaba determinar la longitud del perluengo, cosa que se pudo finalmente determinar contabilizando las piezas de sección trapezoidal que constituían el borde o arranque de la armadura al nivel del almarbate, o cinta corrida por encima del arrocabe.

A partir del inventariado y clasificación de todas las piezas se pudo formular una hipótesis de todo el conjunto dibujada en 3D por medio de diseño asistido por ordenador. Las piezas deterioradas no suponían más del 3% de las piezas totales. Esto nos permite hacernos una idea bastante buena de la viabilidad de una reconstrucción real de la armadura, sin necesidad de labrar muchas piezas nuevas o cubrir lagunas importantes, ya que bajo el punto de vista de la intervención histórica plantearía serías dudas.

Inventariado y clasificación de las piezas

Poco a poco se fue midiendo y clasificando por tipos de piezas, con sus medidas exactas, cada una de las distintas piezas de madera que se hallaban en las diversas cajas existentes almacenadas en los desvanes del Alcázar. La sección predominante de estas piezas era de un triángulo isósceles, con un ángulo recto, lo que equivale a un cartabón cuadrado cuyos ángulos son 45º,90º,45º. Esta sección en V invertida, así como la corta longitud de la mayoría de las piezas existentes, manifiestan claramente que se trataba de piezas decorativas sobrepuestas —en este caso clavadas— al papo de los pares estructurales de una armadura soporte, de donde fueron desclavados para su traslado. Quedan muchos clavos originales todavía adheridos a las piezas, lo que demuestra que estuvo clavada a un soporte estructural. El lado desigual del triángulo isósceles coincidiría con el ancho del par o nudillo sobre el que irían clavadas las piezas.

Algunas piezas en menor cantidad, tenían sección trapezoidal con tres planos ortogonales y un cuarto plano oblicuo. Estas serían las piezas de borde que correrían por la parte inferior de los faldones para cerrar —a modo de *cinta cabea*— el diseño de retícula que daría como resultado de la reconstrucción virtual. En las piezas más largas, se observaba claramente por el cambio de tonalidad, las huellas del encuentro con las piezas transversales en V, lo que advertía claramente del diseño en retícula del artesonado.

De esta primera clasificación y posterior análisis fueron apareciendo lo que en su día cubrieron *nudillos, peinazos, manguetas, limas,* etc. (figura 4) términos con los que se nombra por su posición en la armadura, a cada una de las distintas piezas que en su día cubrió y decoró alguna dependencia de no se sabe qué sala en algún desconocido edificio, y que ahora, a modo de mecano sin resolver se hallaba despiezada.

Ver una armadura despiezada nos transmite una visión de la carpintería de armar que tiene mucho más que ver con la mecánica que con la construcción de edificios, en cuanto a su proceso de fabricación, diseño, elaboración de planos generales y de despiece, fabricación de piezas en taller y montaje —o en el caso de la carpintería «armado»—. De ahí viene la denominación *carpintería de armar,* y a sus produc-

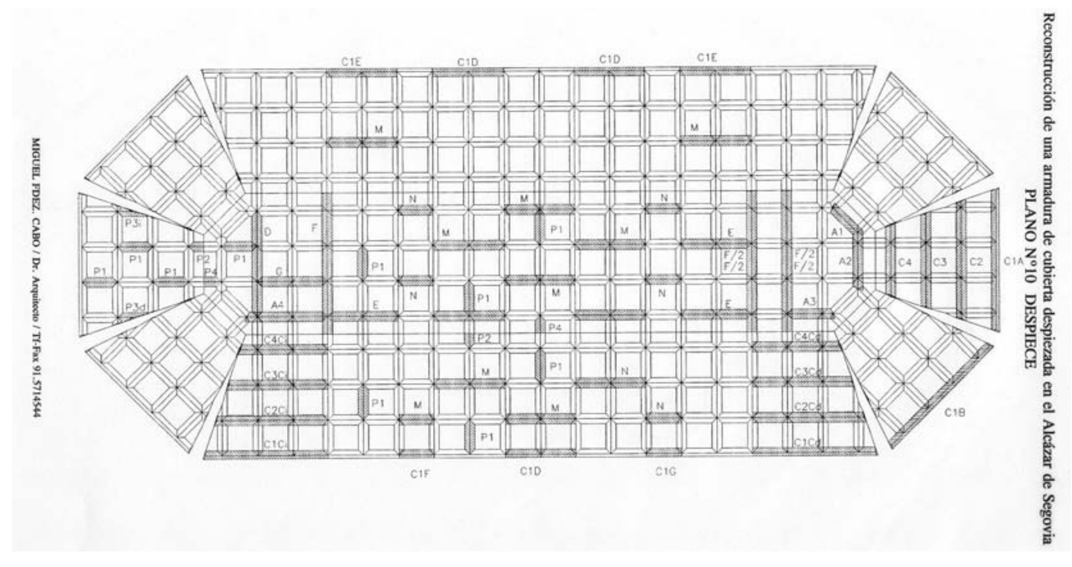


Figura 4
Como resultado de una primera hipótesis de montea, y después de haber medido y clasificado todas las piezas disponibles, ya se pudo confeccionar un plano definitivo del trazado de la armadura: una armadura de tres paños ochavada a piés y cabeza, con bastante perluengo, y sobre la que se podría valorar sus dimensiones reales

tos *armaduras*, inspirada en su proceso de fabricación, a diferencia del proceso de construcción in situ, mas propio de las *fábricas* de piedra o ladrillo, o a la construcción por vía húmeda en general.

La metódica clasificación de las piezas existentes confirmó la hipótesis inicial y permitió concluir que se trataba de una armadura de tres paños, *ochavada* —con planta de arranque octogonal— a pies y a cabeza con bastante *perluengo* —esbeltez del trazado en planta de una sala o proporción entre largo y ancho. No podemos saber a ciencia cierta si la armadura soporte se trataba de una armadura de cubierta de par y nudillo, o tal vez pudiera haber sido un *alfarje* —forjado de vigas de madera— con *jabalcones* —codales inclinados para acortar y así reforzar la luz de las vigas—, como es el caso del artesonado de San Marcos de León. En ambos casos el perfil coincide con el clásico tres paños de una armadura de par y nudillo (figura 5).

Sin embargo se pueden apreciar pequeños detalles que inclinaría la balanza hacia la hipótesis de que este artesonado pudo haber estado montado bajo un alfarje como el de San Marcos a base de vigas y jabalcones (figura 6). En tal sentido conviene observar el pequeño corte del tipo embarbillado que se observa en la cabeza de las limas y que parece haberse realizado para asentar sobre las vigas horizontales; este corte no es necesario en una lima que descansa sobre la hilera.

A partir de ahí se pudo realizar por medio de programas de dibujo asistido por ordenador, una reconstrucción virtual de la armadura completa, obteniendo además de su completo trazado, datos de sus medidas totales de ancho, largo y alto, que nos permitirían en un futuro encontrar alguna sala que se adapte a esas dimensiones y poder realizar una reconstrucción real de la armadura, procediendo de esta manera a la puesta en valor de este conjunto de piezas actualmente oculto a la vista del público.

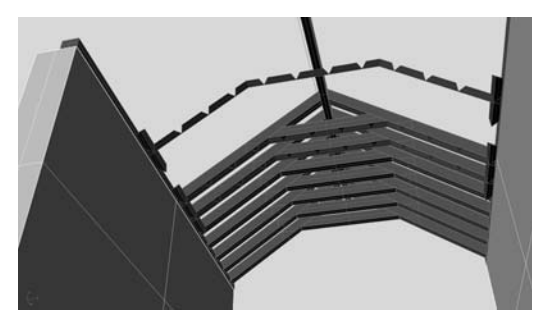


Figura 5
Trazado de la montea del ochavo, donde se dibujan las trazas del faldón y se adelanta una primera hipótesis sobre el trazado del almizate

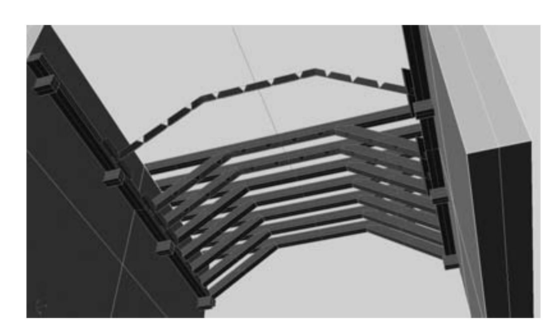


Figura 6
Trazado de la montea del ochavo, donde se dibujan las trazas del faldón y se adelanta una primera hipótesis sobre el trazado del almizate

En la Tabla del Inventario de las piezas (tabla 1) que sirvió de base para la reconstrucción virtual, ha habido que promediar los valores medios de las distintas piezas repetitivas, pues como es usual, la labra y el corte de piezas y sus ángulos correspondientes nunca es algo exacto en la construcción real de estas armaduras. Sin embargo aparecen determinados valores de ángulos y de medidas un poco desviados de la media, sobre todo en las *manguetas* —pequeñas piezas de las gualderas que sirven para resolver la articulación o charnela con el almizate. Estas pequeñas desviaciones podrían ser debido a errores de fabricación y montaje, o bien cabría pensar en la posibilidad de que se tratara de una armadura *ataudada*, es decir, con sus lados más largos desviándose ligeramente de su necesario paralaje, algo que es bastante habitual debido a la falta de precisión en las escuadras de los ángulos rectos de las construcciones antiguas en las que es habitual encontrarse con estos ataudados y también con *izgonzados* —muro testero en ángulo oblicuo con los muros laterales— en las armaduras para poder adaptarse a la coronación de los muros de fábrica.

Descripción de la armadura completa

La reconstrucción virtual (figura 7) ha podido demostrar que se trata de una armadura de tres paños con perluengo, ochavada a pies y cabeza, artesonada

Referencia Piezas	*Nº de piezas Existentes*	*Longitud Pieza cm*	*Longitud Total cm*
A1	4	65,50	262,00
A2	2	82,50	165,00
A3	2	41,50	83,00
A4	2	110,00	220,00
C1A	2	206,50	413,00
C1B	4	206,50	826,00
C1Ci	2	183,50	367,00
CICd	2	182,50	365,00
C1D	6	109,50	657,00
C1E	4	100,50	402,00
C1F	2	47,00	94,00
C1G	2	48,50	97,00
C2	6	171,80	1.030,80
C2Ci	2	148,00	296,00
C2CD	2	148,00	296,00
C3	6	136,20	817,20
C3Ci	2	112,50	225,00
C3Cd	2	112,50	225,00
C4	6	100,50	603,00
C4Ci	2	77,00	154,00
C4Cd	2	77,00	154,00
D	2	153,00	306,00
E	8	100,00	800,00
F	1	202,00	202,00
F/2a	1	97,00	97,00
F/2b	1	102,00	102,00
F/2c	1	112,00	112,00
G	2	102,00	204,00
Ma	4	96,00	384,00
Mb	4	100,00	400,00
Mc	8	105,00	840,00
Md	26	110,00	2.860,00
N	20	48,00	960,00
P1	189	51,50	9.733,50
P2	42	22,00	924,00
P3	41	22,00	902,00
P4	16	43,50	696,00
Totales	430		27.274,50

Tabla 1
Inventario y clasificación de las piezas cuyos tipos vienen referenciados en el plano desplegado en planta

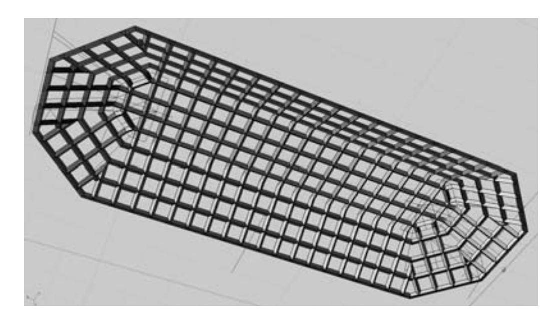


Figura 7
Perspectiva general de la reconstrucción virtual, que puede permitir en cualquier momento, una reconstrucción total de la armadura, una vez que se disponga de la sala y de los medios económicos adecuados

en toda su extensión formando una trama reticular de cuadrados. La retícula está conformada por piezas de sección triangular —triángulo rectángulo isósceles— salvo las piezas de borde inferiores —*cintas cabeas*— que son de sección trapezoidal con dos ángulos rectos. La separación promedio entre ejes de calle de la retícula es de 51,5 cm y la dimensión total del artesonado reconstruido es de 5,10 × 12,83 m, entre los extremos inferiores de la cinta cabea.

El cómputo total de las longitudes de las 430 piezas inventariadas, 27.274 cm, no difiere mucho del cómputo teórico resultado de la reconstrucción virtual y que ascendió a 26.574 cm, lo que confirma la fiabilidad de la hipótesis de reconstrucción.

Sin embargo no se ha podido asegurar completamente si la armadura soporte era una armadura de cubierta de pares o un alfarje con jabalcones, aunque de cara a una posible reconstrucción real, cualquiera de los dos soportes sería válido.

Este tipo de armaduras ochavadas deja unos huecos horizontales en las esquinas de la sala que hay que tapar con pechinas, bien horizontales o bien colgadas. No han aparecido restos de estas pechinas en las cajas almacenadas en el desván, por lo que no hemos podido saber cómo podrían haber sido, y el diseño de una posible solución entra en el territorio de la imaginación. Lo mismo ocurre con el estribado y arrocabe de los que no sabemos absolutamente nada a la hora de formular cualquier hipótesis, y lo más probable es que, tanto el arrocabe como las pechinas, permanecieran en su lugar de origen a la hora de desmontar y trasladar el artesonado.

El estilo de trazado geométrico del artesonado hay que inscribirlo dentro del renacimiento español, si bien la decoración de botones y floroncitos de sus *alfardones* —tablas o guardapolvos entre los pares— nos retrotrae a una línea estilística tardogótica, a la que habría que adscribir también el tipo de policromía en tonos verde y negros con que cuentan todas las piezas del artesonado. El grueso de las tablas de los alfardones está entre 2 y 2,5 cm de grueso, por lo que su grado de deterioro es más elevado que el de las piezas de mayor escuadría.

El valor más diferenciador de este artesonado reside en la forma de sección triangular de sus piezas, lo que lo hace único en territorio español, pues si bien estos trazados y secciones de los nervios son usuales en las bóvedas renacentistas construidas en piedra, este es un caso único construido en madera. El hecho de realizar la forma decorativa con una especie de cinta o pieza sobrepuesta al papo de los pares, comienza a ser usual a partir del siglo XVI, frente a las soluciones más arcaicas de labrar la decoración directamente sobre el par. El motivo de este cambio viene condicionado por el elevado resalte de los motivos decorativos renacentistas y posteriormente manieristas, que de ejecutarse tallado sobre la pieza estructural acabaría debilitándola en exceso.

Este breve análisis tipológico y estilístico sirve para situarlo en torno al siglo XVI, aunque este tipo de datación tiene un margen bastante elevado, máxime en el caso de la carpintería de armar, donde las tendencias estilísticas tienen amplios períodos de vigencia.

Adaptación de la armadura a una sala concreta

La fabricación in situ de muros de piedra o de ladrillo se suele ejecutar con unos márgenes de replanteo y ejecución bastante amplios debido a la capacidad de absorber tolerancias que permite el espesor de la junta del mortero; su tolerancia suele ser de algunos centímetros, sin crear mayores problemas a la construcción que la pueda seguir y que se realice in situ. Sin embargo, en el caso de armaduras de cubierta ejecutadas con un diseño decorativo basado en una geometría estricta, como puede ser el caso de las armaduras de lazo o el de diseños de redes renacentistas, esta tolerancia puede no ser asumible sobre todo cuando se pretende ejecutarla mediante procesos de prefabricación en taller. Las uniones entre maderas se realizan a tope, con holguras o tolerancias que del orden de un milímetro. Esta incompatibilidad entre las tolerancias de las fábricas y de las armaduras exige una zona de transición para que las armaduras puedan absorber dichas tolerancias producidas por el muro de fábrica que le sirve de apoyo. Esta zona de transición se produce en el arrocabe, donde se juega con la posición relativa de las soleras y con el acuesto de los aliceres para conseguir hacer pequeñas correcciones que permitan al carpintero entrar en la zona de tolerancias admisibles para la armadura de madera. En caso de que estos pequeños ajustes sean insuficientes, no le queda más remedio al carpintero que diseñar la armadura fuera de la regularidad geométrica deseada, asumiendo ataudados e izgonzados si los hubiera.

En base a estos pequeños ajuste posibles cabría la posibilidad de adaptar la reconstrucción de esta armadura a las medidas y geometría concretas de una sala —posiblemente del propio Alcázar— con unas medidas parecidas, aunque no iguales a las que han resultado de la reconstrucción virtual de la armadura almacenada en los desvanes, y que resultó ser de 5,10 × 12,83 m. entre los extremos inferiores de la cinta cabea.

Para comprobar su capacidad de adaptación se ha diseñado un estribado soportado por un cuerpo de ménsulas empotradas en los muros y que soportaría una carrera que haría las veces de estribado. Sobre esta carrera se levantarían los jabalcones que permitirían la reconstrucción de esta armadura despiezada (figura 8). De esta manera podemos conocer el rango

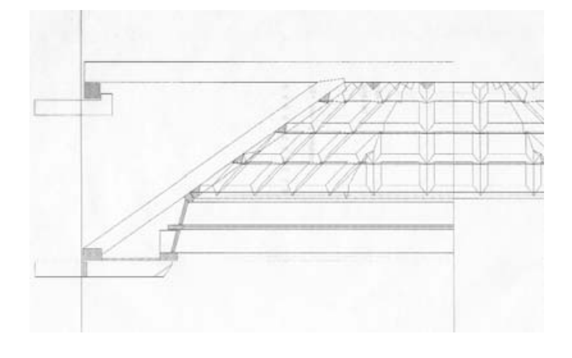


Figura 8
Inventario y clasificación de las piezas cuyos tipos vienen referenciados en el plano desplegado en planta

de medidas que podrían ser absorbidas mediante este método, al menos en el sentido transversal que es el más desfavorable, ya que en el sentido longitudinal la adaptación es mucho más fácil, simplemente quitando o añadiendo alguna pieza nueva.

En el mismo Alcázar existe una sala —Sala Guadalajara— con unas medidas de 7,20 × 18,55 m que podría ser utilizada para una reconstrucción real de esta armadura, realizando las correcciones y adaptaciones necesarias por los métodos anteriormente expuestos.

Discusión y conclusiones

Conviene recordar que a lo largo de la historia de la carpintería de armar, son bastantes los casos de traslado de armaduras, por motivo de transacciones comerciales, donaciones, cambios de uso o cualquier otro motivo. Los objetos arquitectónicos conocidos como artesonados por el público en general y como armaduras de cubierta entre los especialistas, se encuentran a medio camino entre el concepto de bienes inmuebles y muebles. Por una parte forman parte, tanto formal como constructivamente, de la arquitectura de un edificio, pero por otra parte su ligero peso y fácil desmontaje, los acercan al conjunto de los bienes muebles, como es el caso de los retablos. De hecho, en algunas instituciones responsables de la gestión del patrimonio cultural, están clasificados en el apartado de bienes muebles. Por ello es frecuente que estos objetos entren en el comercio de bienes muebles y cambien de propietario y de localización a lo largo de su vida útil, no sólo en el ámbito del territorio nacional sino fuera de él, entrando en los circuitos del comercio internacional de obras de arte. Son numerosos los casos de desmontaje y traslado de armaduras de los que citaremos solamente algunos a modo de ejemplos.

En los Museos es habitual contar con alguna de estos artesonados desmontado y trasladado a su nuevo destino. Sin salir de Madrid podemos visitar el Museo Arqueológico Nacional (figura 9), y también el Museo Nacional de Artes Decorativas, donde se pueden contemplar varios artesonados reinstalados en algunas de sus salas y de los que en su mayoría se conoce su lugar de procedencia. En el propio Alcázar de Segovia podemos encontrar varios artesonados reinstalados procedentes de tierras castellano-leonesas; este es el caso de la importante y profusamente decorada *ochava* —armadura de planta octogonal—, alojada en el Salón del Solio y procedente de Urones de Castroponce, León, así como un alfarje cerca de la entrada, procedente de Curiel de los Ajos.



Figura 9
Armadura montada en el Museo Arqueológico Nacional

Los traslados y reinstalación de artesonados han traspasado el territorio nacional español. El caso más conocido ha sido la famosa colección de William Randolph Hearst a quién le fueron vendidos por Arthur Byne, varios artesonados españoles despiezados, según podemos deducir de los excelentes trabajos de documentación realizados por el Catedrático de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid, Miguel Merino de Cáceres.[3] Parte de esta colección, comprada alrededor de 1920 y trasladada a sus almacenes de Estados Unidos de América. ha ido a parar en la actualidad al Metropolitan Museum of Art (MMA) de Nueva York, donde recientemente se ha realizado un proyecto para la recomposición de alguno de los artesonados españoles comprados por el magnate de la prensa.[4] Estas armaduras españolas expoliadas hacia Estados Unidos, sirvieron en su momento a Mizner,[5] un arquitecto de Florida, para poner de moda una ar-

quitectura con sabor hispano basada en el uso de artesonados de madera que seguramente pudo conocer en los propios almacenes de Hearst.

No cabe duda que para muchos teóricos de la restauración monumental estos casos concretos a medio camino entre lo mueble y lo inmueble, puede plantearles serias dudas a la hora de avalar o no una posible reconstrucción y reinstalación de éstas piezas arquitectónicas. Esta es una discusión en un terreno que queda fuera de las limitaciones auto-impuestas en el presente artículo, en el que nos limitamos a aportar información al respecto sin realizar otro tipo de valoraciones.

Agradecimientos

Quiero agradecer sinceramente la excepcional y desinteresada colaboración y ayuda prestada por Enrique Nuere, conocido especialista en este tema, quién aportó ideas clave para establecer una primera hipótesis de montaje. De igual manera quiero agradecer la colaboración y ayuda prestada por Antonio Ruiz en las muchas horas y días que estuvimos encerrados en los desvanes del Alcázar de Segovia contando y midiendo las casi 200 piezas del artesonado, y realizando sugerencias para la solución del rompecabezas.

Notas

1. Fray Andrés de San Miguel: El manuscrito se encuentra en la Biblioteca Latinoamericana NETTIE LEE BENSON de la Universidad de Texas-Austin. Se trata de un amplio tratado de arquitectura y otros temas, entre los que destaca un tratado de carpintería de lazo muy bien detallado. El tratado se escribió en América en fechas parecidas a las de la publicación del tratado de carpintería de López de Arenas (1633) y fue editado por primera vez por Baez Macias (1969). En 1990 el manuscrito es objeto de un estudio detallado por parte de Enrique Nuere (1990).
2. Rodrigo Marco (según Enrique Nuere) o Rodrigo Alvarez (según Gómez Moreno); siglo XVII; el manuscrito se encuentra en la Fundación Lázaro Galdeano, en Madrid. Es un tratado de carpintería de armar que no trata de temas de lazo, pero sin embargo es muy rico en disquisiciones constructivas y de replanteo de las armaduras.
3. Merino de Cáceres (1990), documenta una amplia y detallada relación de armaduras españolas expoliadas con destino a los Estados Unidos de América.
4. Batyah Shtrum et alt. 2010. Parte de la colección Hearst fue a parar al Metropolitan Museum of Art de Nueva York. Después de permanecer almacenados durante muchos años guardados en los almacenes, una armadura de lazo doble de procedencia española se vuelve a reinstalar en una de sus salas. La armadura es un taujel cuajado de lazo doble 9-12, muy similar a la que tuve oportunidad de restaurar en la iglesia de Santa Colomba de la Vega, León.
5. Donald Curl (1965) se hace eco de la obra del arquitecto Mizner en Florida, quién diseña numerosos edificios residenciales dotados de estas armaduras históricas españolas, creando un estilo propio en la región donde la herencia española aún se mantenía con fuerza.

Lista de referencias

Baez Macias, E. 1969. *Obras de Fray Andrés de San Miguel*. Mexico: Ed. Limusa.

Batyah Shtrum, Melanie Brussat, Miguel Garcia, Timothy Hayes, Stephanie Massaux. 2010. «The Metropolitan Museum of Art's Spanish Ceiling Project: Interpretation and Conservation». *Journal of Architectural Conservation*, Volume 16, Issue 3 (noviembre).

Bevan, B. 1930. «Early Mudéjar woodwork». *The Burlington Magazine for Connoisseurs,* vol. 57, nº 333.

Byne, Arthur; Stapley, Mildred. 1920. *Decorated Wooden Ceiling in Spain*. London and New York: G.P. Putnam's Sons.

Curl W., Donald. 1965. *Mizner´s Florida, American Resort Architecture*., New York. The MIT Press, The Architectural Historic Foundation.

Donaire Rodríguez, A. 1987. «Granada, el trazado del artesonado del Salón de Comares». *Periferia* 7 (junio).

Galiay Sarañana, J. 1995. *El lazo en el estilo mudéjar, su trazado simplicista*. Colección Cuadernos de arquitectura de la Cátedra Ricardo Magdalena. Zaragoza: Instituto Fernando el Católico, CSIC, Exma. Diputación de Zaragoza.

Levkoff, M.L. 2008. «Hearst and Spain». En *Symposium, Collecting Spanish Art: Spain's Golden Age and America's Golded Age, The Frick Collection*. Frich Art Reference Library, 21-22 November.

Lopez de Arenas, Diego. 1633. *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y Tratado de alarifes*. Sevilla: Luis Estupiñan.

Merino de Cáceres, J. M. 1985. «El techo de "la Casa del Judío" en Norteamérica». *Revista del Instituto de Estudios Turolenses* 74: 142-165

Merino de Cáceres, J. M. 1990. «El "elginismo" en España; algunos datos sobre el expolio de nuestro patrimonio nacional». *Separata Revista de Extremadura* 7 (mayo-agosto).

Nuere, Enrique. 1985. «La recuperación de un Almizate». Apéndice en *La carpintería de lo blanco; Lectura dibujada del primer manuscrito de Diego López de Arenas,* Enrique Nuere. Madrid: Ministerio de Cultura.

Nuere, Enrique. 1990. *La carpintería de lazo*. Málaga: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental, Delegación de Málaga.

Nuere, Enrique. 1995. «Geometría de lazo y carpintería». Prólogo a: Galiay Sarañana, José. *El lazo en el estilo mudéjar, su trazado simplicista*. Colección Cuadernos de arquitectura de la Cátedra Ricardo Magdalena. Zaragoza: Instituto Fernando el Católico, CSIC, Exma. Diputación de Zaragoza.

Prieto y Vives, A. [1904] 1977. *El Arte de la Lacería*. Madrid: Colegio Oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (Primera edición en: *Revista de Obras Públicas* 1904, Madrid).

Rivera, J. 1995. *Catálogo Monumental de Castilla y León: Bienes Inmuebles Declarados.* Valladolid: Junta de Castilla y León.

Puentes históricos de Galicia en el siglo XVIII: levantamientos e informes constructivos de los arquitectos Fernando de Casas y Francisco de Castro Canseco

Alberto Fernández González

El Consejo de Castilla, como explica Fayard (1982), tenía competencias en casi todos los temas del reino; en la Edad Moderna era supremo tribunal en materia de justicia, alto organismo administrativo y guardián de las leyes estatales, pero también se encargaba de supervisar todo lo relativo a puentes y caminos, fijando los procedimientos fiscales y administrativos para la construcción y rehabilitación de las obras públicas. Al Alto Tribunal, para su estudio y aprobación, se tenían que enviar una serie de documentos que se incluían en el expediente oficial: la relación con los motivos que justificaban la intervención, la copia detallada del proceso de licitación, los memoriales que daban cuenta de la distribución de costes efectuada por el corregidor y los informes de los arquitectos encargados del peritaje técnico, que incorporaban, por lo general, sendos levantamientos del edificio que se pensaba reparar (Aramburu-Zabala 1992). No es de extrañar, por tanto, que la Sección Consejos del Archivo Histórico Nacional conserve una rica documentación al respecto.

Mi comunicación en el VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción se apoya precisamente en este tipo de fuentes documentales que custodia el mencionado archivo madrileño. A partir de los informes de los arquitectos dieciochescos Fernando de Casas Novoa y Francisco de Castro Canseco, se analizan las características constructivas de dos importantes puentes gallegos: el promovido hacia el 1380 por Fernán Pérez de Andrade en Pontedeume, y el antiguo «paso real» de Viveiro, cuya fábrica edilicia dio comienzo en 1462 bajo el reinado de Enrique IV y concluyó en tiempos del emperador Carlos V. Los memoriales de Casas y Castro aportan una valiosa información sobre el estado de conservación de los dos viaductos en los inicios del siglo XVIII y sobre sus proyectos de reforma, pero los levantamientos efectuados por los dos arquitectos, qué duda cabe, son elocuentes fuentes gráficas que permiten la reconstrucción de la estructura originaria de los históricos puentes, pues en ellos figuran delineados los arcos y tajamares primitivos, el tipo de cepas y cimentación, la configuración de las calzadas por donde se transitaba y otros elementos significativos.

El viejo puente gótico de Pontedeume en agosto de 1721

La construcción del antiguo puente gótico sobre el río Eume, que se conservó en pie hasta 1863, debe situarse entre los años 1380 y 1386. Su erección estuvo condicionada por una serie de factores estratégicos y económicos, a los que se deben añadir las especiales características de Pontedeume, villa que en época medieval era un importante burgo mercantil y marinero que se emplazaba en un paso de peregrinos hacia Compostela —lo que justifica la capilla y el hospital del puente—, y residencia de un poderoso señor feudal, Fernán Pérez de Andrade, apellidado por la posteridad el Bueno y por sus descendientes el

Viejo, que mediante el viaducto comunicaba sus tierras situadas a ambos lados de la ría.[1]

En el verano de 1718, el histórico puente presentaba un grave deterioro: gran parte de sus arcos y estribos se encontraban dañados, y la calzada, por la parte del Arenal, no se había reconstruido todavía. La acción de las mareas, que anegaban la calzada, complicaba todavía más el ya difícil tránsito de pasajeros.[2] Antonio de Saavedra, procurador general de Pontedeume, notifica al Consejo de Castilla, el 12 de julio, el delicado estado del viaducto bajomedieval. En febrero de 1719 se vuelve a insistir en la necesidad acuciante de solucionar los graves daños estructurales, manifestando el nuevo procurador de la localidad que aunque el Alto Tribunal había mandado reparar el puente e incluso había aprobado un presupuesto próximo a los 37000 ducados que debía ser sufragado por las localidades próximas a la villa, éste no se había restaurado, tal vez debido a las dificultades económicas que tenían las ciudades gallegas en esa época. Como los desperfectos estructurales habían aumentado, ahora era imprescindible redactar un plan de consolidación.[3]

En Galicia, la práctica habitual para financiar las obras de los puentes durante los siglos XVI y XVII había sido el sistema de repartos o repartimientos entre las localidades más próximas, las que en teoría más se beneficiaban del tránsito. En el setecientos, sin embargo, los recursos para financiar los puentes gallegos se solían obtener mediante arbitrios sobre el vino y la fanega de sal o salían directamente del cobro de los derechos de portazgo (Alvarado, Durán y Nárdiz 1989, 29-30). En este sentido, se debe apuntar que Pontedeume y Betanzos disputaban desde 1718 por la aplicación de un arbitrio sobre el vino, el vinagre y el aceite que se vendía en la provincia y que era destinado a reparar las obras públicas de la ciudad brigantina. Como la villa eumesa, a raíz de una cédula real emitida el 3 de abril de 1720, había quedado liberada de las imposiciones, se solicita al Consejo de Castilla que esta partida fuera utilizada en la reparación del puente.[4] Aunque la petición fue aceptada el 5 de octubre de ese mismo año, el Alto Tribunal decidió retener los fondos hasta que el intendente general del Reino de Galicia se informase de la necesidad y conveniencia de las obras y del coste de las intervenciones proyectadas.[5]

Rodrigo Caballero y Llanes, que en ese momento desempeñaba el cargo de intendente,[6] y también ejercía como corregidor real de A Coruña y Betanzos, escribe a Madrid el 8 de noviembre informando sobre la necesidad de que peritos familiarizados con este tipo de obras públicas llevasen a cabo la inspección ocular del viaducto, petición que es atendida por el Consejo tres meses más tarde. El Alto Tribunal ordena al intendente que se traslade a Pontedeume, nombre maestros arquitectos con experiencia y conocimientos para que reconozcan los desperfectos del puente, efectúen un levantamiento de su planta y alzado y redacten un informe técnico que especifique los daños y el coste de su reparación. Aunque el Consejo de Castilla, por la urgencia de la intervención, autoriza finalmente la libre disposición de los fondos retenidos, que pasaron a poder de la villa eumesa, las cinco localidades más próximas a Pontedeume también fueron citadas al reconocimiento con objeto de que sufragasen parte de los gastos de la obra.[7]

En cumplimiento de las disposiciones, Rodrigo Caballero fija la inspección del puente para el 7 de julio de 1721 y nombra a Fernando de Casas, arquitecto de la catedral de Santiago,[8] y a José Ferrón, técnico municipal de Pontedeume,[9] para que lleven a cabo el peritaje de la estructura. Como el futuro autor de la Fachada del Obradoiro estaba muy atareado en ese momento dirigiendo la construcción de la capilla catedralicia de Nuestra Señora del Pilar, y la fecha prevista para la evaluación del viaducto coincidía además con los preparativos de las importantes fiestas anuales en honor del Apóstol, Casas excusa su presencia y solicita al intendente que nombre a otro técnico.[10] Caballero, con todo, estaba muy interesado en el peritaje del maestro compostelano y escribe al cabildo de la catedral de Santiago para que permitiese el desplazamiento del arquitecto a Pontedeume.[11]

Tal como había dispuesto el Consejo de Castilla, las cinco localidades más próximas a la villa eumesa fueron emplazadas al reconocimiento del puente. Rodrigo Caballero envió sendos autos de citación a los ayuntamientos de Betanzos y A Coruña, a las villas de Ares y Ferrol, y al consistorio compostelano, aunque finalmente, según consta en la documentación, sólo acudió al peritaje el regidor de la ciudad herculina, mostrándose, por cierto, muy reticente a ser incluido en el reparto de gastos.[12] El alcalde mayor de A Coruña propone al intendente que los primeros fondos para llevar a cabo las obras del viaducto tendrían que salir, en justicia, del portazgo que detenta-

ban los monjes del convento de Santa Catalina de Montefaro.[13] Se efectuaron las gestiones pertinentes y un escribano informó a los religiosos de las medidas proyectadas, resultando que los frailes no percibían el peaje desde el año 1707, a raíz de una orden del rey Felipe V que requisaba las alcabalas y portazgos para emplearlos en sus costosas campañas militares.[14] Así pues, una vez esclarecidas las circunstancias, se comunicó a Domingo Antonio da Fraga, sastre y vecino de Pontedeume que tenía arrendado el peaje del viaducto en 155 reales anuales, que en adelante no pagase el arriendo del pontazgo y lo retuviese en su poder en calidad de depósito.[15]

Fernando de Casas y José Ferrón, con asistencia de un notario y en presencia del intendente, el regidor de A Coruña y el alcalde y procurador general de Pontedeume, efectuaron el 22 de agosto una primera medición a cordel del puente bajomedieval.[16] Ese mismo día, José Lorenzo, que así se llamaba el regidor coruñés, expresó la posibilidad de que los daños del viaducto se debieran en realidad a la negligencia del ayuntamiento de Pontedeume, por lo que solicita que en el peritaje se detalle y aclare el origen de los desperfectos, es decir, si era fortuito, por la acción de las inundaciones y mareas, o se debía a que el gobierno municipal había permitido el amarre de embarcaciones en los arcos y cepas del puente y había descuidado, por tanto, sus obligaciones.[17] Por su parte, Antonio Ares, procurador general de la villa eumesa, presentó una instancia ante Rodrigo Caballero pidiendo que los arquitectos dictaminasen si el puente evidenciaba algún deterioro por el flanco donde se amarraban los bajeles, pues, en contra de la opinión del alcalde herculino, consideraba que los desperfectos del viaducto se debían a la antigüedad de su fábrica y al efecto que sobre la estructura ejercían el mar, con sus periódicas mareas, y el río Eume, que al arrastrar robles y otros árboles provocaba, con sus impactos, el constante deterioro del puente; es más, la gestión de la corporación municipal, según destaca Ares, no podía ser cuestionada porque desde tiempo inmemorial, siempre que se producía algún desperfecto, los munícipes lo habían reparado.[18] El 23 de agosto de 1721, hacia las ocho de la mañana, ya que se quería aprovechar la bajamar a fin de reconocer bien los cimientos de la estructura, se llevó a cabo la inspección ocular de la vieja construcción bajomedieval. Según recoge la documentación, los dos técnicos primero recorrieron el arranque de los arcos tomando nota de su estado y más tarde la calzada y los demás elementos.[19] No cabe duda de que Fernando de Casas, por su prestigio como maestro mayor de la catedral de Santiago y porque es el autor del croquis enviado al Consejo de Castilla, fue el coordinador de los trabajos. Es muy posible que Casas, a la hora de evaluar y medir el puente sobre el río Eume, siguiese las directrices de Torija (1664, 13-23), autor que conocía perfectamente, pues su famoso libro sobre las ordenanzas de la villa de Madrid formaba parte de su biblioteca.[20]

El dictamen final de Casas y Ferrón tuvo lugar el 28 de agosto. El informe de los arquitectos es muy importante porque describe con precisión las dimensiones, el estado de conservación y las características constructivas del viejo puente gótico. Desde la Puerta de la villa, donde se inicia el viaducto, hasta el crucero y calzada que se dirige a Cabañas, tenía el puente mil quince varas, es decir, tres mil cuarenta y cinco pies, en los que se disponían cincuenta arcos de veinticuatro, veintiséis y veintiocho pies de hueco entre pilares que incluían tajamares por ambos costados, abarcando un total de dos mil trescientos cuarenta pies, y otros ocho arcos de ocho y nueve pies de hueco, con sus respectivos pilares sin tajamares, que completaban los setecientos y cinco pies restantes. La altura de la construcción era variable: las primeras cincuenta arcadas tenían veinticuatro pies y las restantes entre catorce y nueve, incluyendo, eso sí, los pretiles, que alcanzaban una altura de tres pies y medio y el ancho de un pie. La anchura de tránsito de la calzada era de diez pies y la de los tajamares de seis y medio, salvo los comprendidos entre el vigésimo noveno y el cuadragésimo arco, que no superaban los tres pies y medio. El peritaje establece también la ubicación de sus dos torreones: sobre los pilares situados entre el octavo y noveno arco, y sobre los emplazados entre el cuadragésimo primero y el cuadragésimo segundo, y la del famoso hospital de peregrinos, que se localizaba en la vigésima arcada.

Según refiere la documentación de archivo, Fernando de Casas y José Ferrón, después de haber medido el puente, reconocieron su fábrica constructiva. En su informe destacan que el viaducto estaba asentado sobre un firme de mampostería de piedra perdida cuya altura fluctuaba entre los catorce y diez pies, o incluso algo menos en algunos sectores de la estructura. La primera hilada de los pilares era de cantería, y el resto de sillería. En cuanto a las causas del

deterioro, tenían su origen en la antigüedad del puente, la falta de argamasa en las juntas y lechos de los sillares, y en las fisuras que afectaban sobre todo a las dovelas de los arcos y antepechos, abiertos en su mayoría. La acción combinada del mar, de las inundaciones del río Eume y del agua de lluvia fue debilitando progresivamente la estructura, circunstancia que favoreció su deterioro e incluso provocó el desplome de varios lienzos de los pilares y tajamares, que debían renovarse.

Por el grave deterioro que presentaba y porque constituía un acceso importante para la comunicación con el puerto de Ferrol y las villas de Graña y Neda y varias localidades de su contorno, el puente, en opinión de los arquitectos, debía ser inmediatamente reparado. El proyecto de reforma recoge una serie de intervenciones encaminadas a evitar el desmoronamiento de la estructura: era preciso, en primer lugar, reparar la calzada y asentar mejor algunos arcos y pilares, pero también se tenían que reedificar los espolones y las escaleras de los costados, y consolidar los sillares y los tajamares con argamasa de buena calidad. Una vez afianzada la obra, se debían repasar los intersticios de los sillares de las arcadas. Los trabajos de rehabilitación del viaducto, teniendo en cuenta el precio que alcanzaban los materiales en la comarca, los jornales de oficiales y peones y las peculiares condiciones de ejecución, pues las labores serían interrumpidas diariamente por la pleamar, fueron tasados por los arquitectos en 167000 reales, cantidad que incluía los reparos imprescindibles que necesitaba el hospital, a los que se debería añadir otra partida de 28000 que importaba la reconstrucción de una de las primitivas calzadas situadas al final del puente que tenía una longitud de trescientas cincuenta varas castellanas.

Entre el 23 y el 28 de agosto, Fernando de Casas traza el levantamiento arquitectónico del hoy desaparecido puente sobre el río Eume (Fig. 1). Aunque se conocen otras imágenes más antiguas de la vieja estructura gótica, éstas en realidad son vistas muy genéricas que describen la ría; es el dibujo de Casas, por tanto, la imagen más antigua que se conserva del histórico viaducto bajomedieval.[21]

El croquis muestra el alzado de los diez primeros arcos del puente con sus correspondientes tajamares apuntados, dispuestos en ambos lados de la construcción para romper la fuerza de la corriente, y su planta, que reproduce el interior de las cepas y el perímetro de la calzada por donde se transitaba. También aparecen dibujados los muros de contención del acceso por el lado de la villa y la denominada Torre del Puente, situada entre el octavo y noveno ojo. Fernando de Casas ilustra artísticamente la cimentación de piedra perdida, pero al contrario que Miguel Ferro Caaveiro, hijo de su discípulo y sucesor en la dirección de los talleres de la catedral de Santiago, quien en su reconocimiento del puente gótico de 1784 menciona y reproduce incluso los animales emblemáticos del primer señor de Pontedeume,[22] no prestó atención a las contiguas esculturas del oso y del jabalí. En el extremo derecho del documento gráfico, justo encima de la firma de Casas, figura la siguiente leyenda explicativa:

> En la planta y alzado presente esta demostrado parte del Puente Deume por sus medidas cuyo puente tiene de largo tres mill y quarenta y cinco pies de los que se ocupan dos mill trescientos y quarenta pies con cinquenta arcos y cinquenta y dos cortamares los ambos costados en la manera que muestra dicha planta y alzado. Y los sietezientos y cinco pies restantes siguen sin cortamares en cuia distancia yncluie ocho arcos. El alto de dicha puente principia en el primer arco con veinte y cuatro pies desde la calzada echa sobre que esta fundada esta sobre el antepecho que por ambos costados tiene y sigue dicha altura en catorce y acaua en lo ultimo con nuebe pies de alto en que tambien yncluie el alto de dicho antepecho.

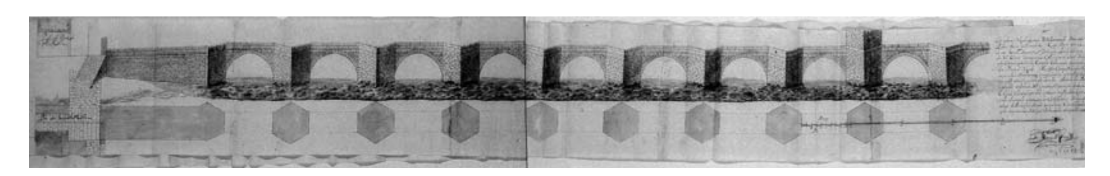


Figura 1
Antiguo puente gótico sobre el río Eume (1721). Levantamiento de Fernando de Casas y Novoa. (Archivo Histórico Nacional)

En el lado izquierdo del dibujo aparecen otras dos anotaciones complementarias: en la parte superior, «Perfil de la puente de la villa»; en la inferior, «Plano de la puente de la villa».

Aunque las reformas proyectadas no se llevaron a cabo finalmente, pues consta expresamente en el reconocimiento del año 1784 que efectuó Ferro Caaveiro[23] que el viaducto, «en 1721 no fue reparado», no se puede descartar una posible intervención en las partes más deterioradas de su estructura.

El puente de la Misericoria de Viveiro hacia 1702

Próximo a la desembocadura del río Landrove, en la localidad lucense de Viveiro, se emplaza el gran puente mayor o de la Misericordia, así denominado por su proximidad a la capilla barroca de la Misericordia o del Ecce Homo. Aunque es muy posible que el viaducto actual fuera levantado en el mismo lugar donde había existido otro de mayor antigüedad, tal vez construido durante la dominación romana (Ferreira 1988, 208), se conoce documentalmente que la fábrica edilicia dio comienzo en el reinado de Enrique IV, hacia 1462, concretamente, como parece indicar el testamento de Juan Veloso, vecino de Valcarría, quien otorgó una partida económica para la obra. Su conclusión tuvo lugar en 1544, bajo el mandato del emperador Carlos V (García Oro y Romaní 1989).

El histórico puente de Viveiro sufrió diversas modificaciones y ensanches en los siglos XIX y XX, debido sobre todo al imparable aumento del tráfico rodado. Así, en 1878, fue ampliado el sector de la carretera que comunica con la capilla de la Misericordia; y doce años más tarde, con objeto de levantar andenes volados que se apoyaron directamente en los tajamares, se derribaron los antiguos pretiles. Ya en los años veinte de la pasada centuria, el ingeniero de caminos Antonio Álvarez reformó el adoquinado de la calzada, proyectó nuevos andenes y barandillas y sustituyó las piezas metálicas del ensanche de 1890 —las chapas de palastro y las vigas de hierro— que se encontraban corroídas por la acción del salitre, reemplazándolas por un forjado de hormigón armado que se elevaba sobre unos voladizos que atravesaban el puente. La altura de los tajamares se redujo a lo necesario, se regularizaron los paramentos de los tímpanos y también se mejoró el acceso derecho, cegándose uno de los arcos primitivos. En el año 1949 fue ensanchada nuevamente la calzada y se rehicieron las aceras. La última intervención, llevada a cabo entre los años 1977 y 1982, una vez que el ayuntamiento de la villa resolvió no construir un moderno viaducto, consistió básicamente en superponer al puente antiguo una losa de hormigón que volaba por ambos lados y que acabó de modificar la rasante horizontal (Alvarado, Durán y Nárdiz 1989, 218-19). Todas estas transformaciones que sufrió el puente a lo largo de su historia hacen verdaderamente relevantes los dos dibujos fechados hacia 1702 que se conservan en el Archivo Historico Nacional (Figs. 2 y 3), pues reproducen la estructura originaria de la construcción bajomedieval, con sus todavía doce arcadas.[24] Pero antes de pasar a estudiar los bosquejos se deben apuntar, cuando menos, algunas referencias históricas que ayuden a contextualizar adecuadamente el sentido y naturaleza de estas dos fuentes gráficas.

El puente mayor de Viveiro, que tenía rango de «paso real», sufría las acometidas del río Landrove y las del bravo mar Cantábrico, por lo que necesitaba frecuentes reparaciones. Aunque en el siglo XVII se llevaron a cabo varias intervenciones en el viaducto, cabe destacar el repartimiento de 1687 que el concejo vivariense había presentado al rey Carlos II porque dio lugar a un largo pleito con las ciudades de Mondoñedo, Lugo, A Coruña y Betanzos, pues estas localidades gallegas no querían financiar las obras de rehabilitación (Donapétry 1953, 185). Entre la documentación generada por la controversia que custodia el Archivo Histórico Nacional figuran los informes de los maestros de cantería Alonso Rico y Andrés Leal, que son citados de nuevo por el Consejo de Castilla en octubre de 1692 para que evalúen los daños del viaducto. Como ambos técnicos, por su falta de cualificación y su parcialidad a favor de la villa de Viveiro, son rechazados por las localidades en litigio, un mes más tarde fueron nombrados para el peritaje los arquitectos Juan López de Brea, maestro de la ciudad de Betanzos, y Antonio Guerra del Río, técnico vivariense. El 6 de diciembre, en presencia del corregidor de la villa, Diego de Cossío Bustamante, y de varios representantes de las ciudades de Betanzos y Mondoñedo, se les toma declaración a los arquitectos, quienes manifiestan, tras haber reconocido la estructura en su totalidad, hallarla deteriorada tanto en

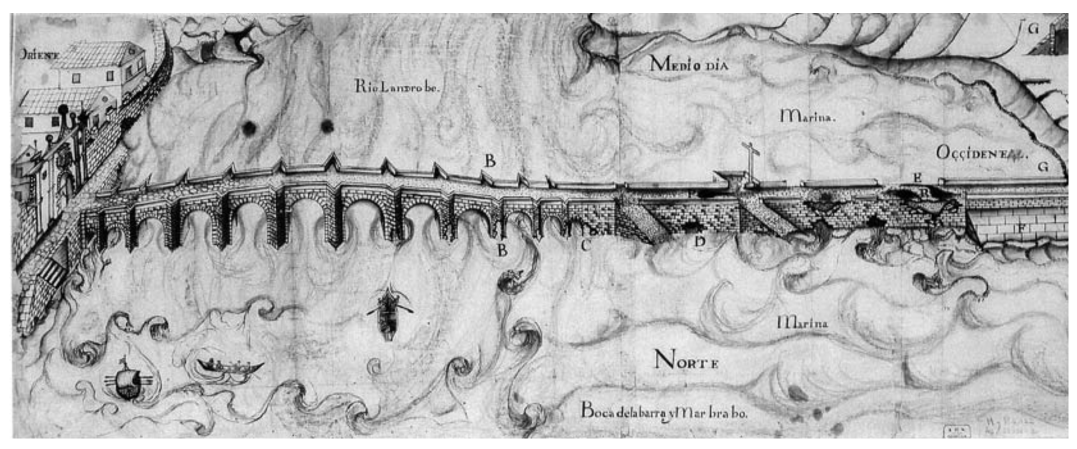


Figura 2
Puente de la Misericordia de Viveiro (1702). Levantamiento de Francisco de Castro Canseco. (Archivo Histórico Nacional)

las arcadas como en los cimientos, calzada y pretiles. Valorando únicamente las reparaciones más precisas, que se limitarían exclusivamente a la sustitución de las piedras de cantería deterioradas, la compra de las maderas necesarias para construir andamios y al enlosado de la calzada, presupuestan la intervención en 28754 reales.[25]

Otro expediente sobre el puente de la Misericordia de Viveiro que también figura entre los autos tramitados por el corregidor de la villa tiene mayor relevancia porque incluye los mencionados documentos gráficos. Uno de los dibujos (Fig. 2), fechado en mayo de 1702, salió de la mano de Francisco de Castro Canseco, artífice sobre todo conocido por sus excelentes trabajos escultóricos, si bien, en ocasiones, también ejerció como arquitecto.[26]

Como el dibujo del maestro leonés es un levantamiento arquitectónico, describe pormenorizadamente el estado que presentaba el puente de la Misericordia en ese momento de su historia. De aspecto macizo, la Puerta Real de la villa (letra A), declarada Monumento Histórico-Artístico en 1942, se distingue claramente en el sector izquierdo de la imagen, es decir, el correspondiente al lado de Levante. Construida en estilo plateresco por el maestro Pedro Poderoso en 1548, siendo corregidor Andrés Carasa de Tordesillas (Donapétry 1953, 188-89), la Puerta Real, también denominada «do Castelo» o «Castillo del Puente», se edificó en sustitución del antiguo acceso de la villa, destruido en el incendio que asoló Viveiro en 1540. Justo encima de la arcada de entrada se aprecia el escudo del emperador Carlos V, la gran cornisa y el parapeto de remate.[27] Una imagen más detallada de las troneras y sus afiligranadas almenas, que incluye además la airosa torrecilla que culmina el eje medio de la mole y las otras dos que arrancan desde los cimientos y definen los flancos laterales del edificio, aparece reproducida en el otro dibujo conservado en el Archivo Histórico Nacional (Figs. 3 y 4), anónimo en este caso, donde se plasma asimismo el característico aspecto amurallado que ya desde el siglo XVI presentaba la villa de Viveiro.

En el bosquejo de Castro Canseco (Fig. 2), se detalla el puente con los doce arcos originales de sillería granítica, tanto apuntados como de medio punto, que pudo contemplar y describir en su momento Pascual Madoz ([1845] 1986, 1384); se distingue también el perfil alomado de la rasante de la calzada correspondiente al tramo de entrada a la ciudad; los tajamares en forma de huso rematados por sombreretes piramidales que forman sendas plazoletillas triangulares a fin de resguardar a los peatones del paso de los carruajes; y la famosa Cruz de piedra que según la tradición fue colocada en la calzada por un caballero que deseaba expiar su responsabilidad en un suceso violento ocurrido en ese mismo lugar que había causado la muerte de una persona (Donapétry 1953, 187). En el extremo occidental de la estructura aparece dibujada la hermosa capilla de la Misericordia (letra H) que da nombre al puente. Fundada en 1603 por

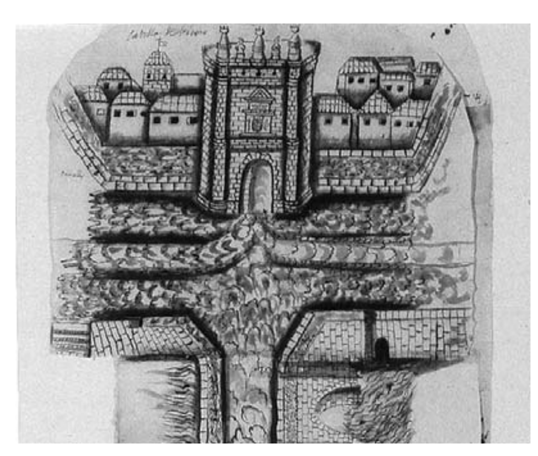


Figura 4
Detalle de la Puerta Real

Rodrigo Alonso Alfeirán, de linajuda estirpe vivariense, la capilla también se describe con mayor exactitud en el bosquejo anónimo fechado hacia 1702 (Figs. 3 y 5), donde se reproduce la fachada principal del santuario, con sus dos puertas de acceso; el frontón con el escudo cuartelado que detalla los blasones de los Posada, Pallares, Somoza y Alfeirán; y la alta espadaña con sus campanas. Falta en el documento gráfico, eso sí, la actual ventana que ilumina el interior de la capilla y que está ubicada justo encima de las portadas, circunstancia que relaciona este elemento con una posterior intervención.

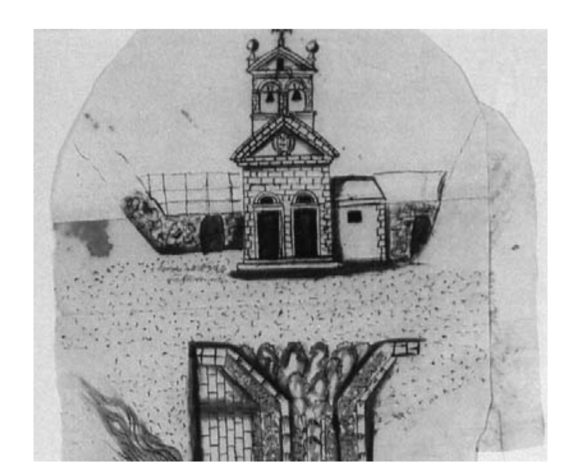


Figura 5
Detalle de la Capilla de la Misericordia

El deterioro del histórico viaducto, según dictamina Castro Canseco en su informe (letras B, C y D) y refleja en el levantamiento arquitectónico (Fig. 2), se debía a las grandes avenidas del río Landrove y al empuje de la corriente de la ría; pero muchos de los daños ocasionados en los pilares, no obstante, tenían su origen en las constantes tracciones de las maromas amarradas por los buques que en pleamar accedían al puente. El desgaste de la calzada (letras D, E, P y R), por su parte, era consecuencia, sobre todo, de algunas deficiencias estructurales en la fábrica y cimentación del puente, pero también se debía a la constante carga y descarga de mercancías entre los barcos y los carros situados en la plataforma.[28]

Otras interesantes informaciones que proporciona el peritaje del maestro leonés se refieren a las dimensiones del puente, que comprendía una longitud de seiscientas varas castellanas y una altura en torno a las doce, siendo la anchura de la calzada, incluyendo los pretiles de cada lado, próxima a las cinco varas. Para asegurar la conservación de la obra, según declara Francisco de Castro Canseco en su informe, se tenía que consolidar la calzada mediante un muro escarpado de cantería que era preciso cimentar adecuadamente por ambos lados de la estructura, tal como demuestran las letras E, G y F. La reconstrucción de la porción de calzada comprendida entre las letras P y R y de la arcada señalada con la letra C eran otras intervenciones imprescindibles que debían llevarse a cabo a juicio del arquitecto. Con el empedrado del viaducto, el arreglo de los tajamares, pretiles y arcos deteriorados y la construcción de varios aliviaderos para así favorecer el desalojo del exceso de agua que llegaba con las crecidas del río y el fuerte oleaje del mar se culminarían los trabajos, que fueron presupuestados en 92700 reales, si bien las reparaciones más importantes tendrían un coste de 52500 reales.

Notas

1. Sobre esta vieja estructura, su promotor y las diferentes mutilaciones y transformaciones que sufrió a lo largo de su historia, véanse los trabajos de Pérez (1944, 405-06); Couceiro (1944, 130-36); Rivadulla (1987, 62-66); García Oro (1994, 19-30); Correa (1995); y Correa (2000).
2. AMP. Expedientes de ríos, pontes, portos e afins 1588-1935, carp. 109, s. fol.

3. AMP. Expedientes de ríos, pontes, portos e afins 1588-1935, carp. 109, s. fol.
4. AMP. Libros de actas capitulares ou do pleno 1700-1745, carp. 3, consistorio 5 enero 1718, s. fol. y consistorio 17 abril 1720, s. fol.
5. AMP. Expedientes de ríos, pontes..., carp. 109, fols. 2-2 v.
6. Con el establecimiento de la Intendencia General de Galicia en el siglo XVIII se produce una pugna entre esta institución y la Real Audiencia, que hasta ese momento gestionaba el sistema de repartos para financiar las obras de los puentes. El enfrentamiento concluye finalmente con la pérdida de atribuciones de la Audiencia (Alvarado, Durán y Nárdiz 1989, 30).
7. AMP. Expedientes de ríos, pontes..., carp. 109, fols. 2-2 v.
8. Sobre este importante arquitecto del barroco gallego, véase Fernández González (2006).
9. Este artífice barroco figura en el catálogo de artistas gallegos recopilado por Couselo (1932, 345) como autor, en el año 1716, de la reedificación de la fachada de la capilla de los Remedios de Mondoñedo.
10. Las diligencias se inician el 20 de junio de 1721 (AMP. Expedientes de ríos, pontes..., carp. 109, fols. 1-2). Una información más detallada sobre los trámites administrativos y demás circunstancias que rodearon el peritaje del maestro en Fernández González (2004).
11. La carta es vista en la sesión celebrada el 15 de julio, pero la corporación catedralicia no concede licencia al arquitecto para abandonar Compostela hasta el 12 de agosto. Sobre las obligaciones de Fernando de Casas como maestro mayor de la catedral de Santiago, véase Fernández González (2006, 165-69).
12. AMP. Expedientes de ríos, pontes..., carp. 109, fols. 8-9, 13-14.
13. AMP. Expedientes de ríos, pontes..., carp. 109, fols. 18 v-20.
14. La expropiación del portazgo debe relacionarse, por tanto, con las medidas adoptadas por Felipe V en el contexto de la Guerra de Sucesión. Como es evidente, la máxima preocupación del monarca en esa etapa crítica de su reinado era aumentar los ingresos de la corona para mantener el ejército. Sobre el impacto del conflicto en Galicia, véanse González (2002) y Núñez-Varela (1998).
15. AMP. Expedientes de ríos, pontes..., carp. 109, fols. 20-20 v.
16. AHN. Consejos, leg. 35246-3, s. f.
17. AMP. Expedientes de ríos, pontes..., carp. 109, s. f.
18. AHN. Consejos, leg. 35246-3, s. f. Como se puede comprobar, el procurador de Pontedeume, ante las acusaciones del regidor coruñés, matiza las supuestas causas del deterioro del puente. Tras la evaluación, los técnicos dictaminan que el daño no se debía a los amarres, sino a su antigüedad.
19. AHN. Consejos, leg. 35246-3, s. f.
20. De hecho, el libro de Torija lo cita expresamente Casas en un peritaje que efectuó en Monforte de Lemos al inicio de su carrera. Al respecto, véase Fernández González (2006, 24, 33).
21. El dibujo de Casas lo he dado a conocer en Fernández González (2004).
22. Según refiere Miguel Ferro Caaveiro, entre el segundo y tercer arco contando desde la Puerta de la villa, en los huecos de los tajamares, se emplazaban las esculturas del oso y del jabalí que aluden al señorío de la villa (AMP. Puentedeume reconocido de orden del Real y Supremo Consejo de Castilla por D. Miguel Ferro Caaveiro Arquitecto de la Santa Yglesia, Ciudad, y Arzobispado de Santiago, en 1784).
23. AMP. Puentedeume reconocido de orden del Real y Supremo Consejo de Castilla...).
24. Ambos dibujos los he dado a conocer recientemente en Fernández González (2010).
25. AHN. Sección Consejos, leg. 26436/3, fols. 82-83.
26. Aunque la actividad artística del maestro leonés se centró fundamentalmente en la escultura, donde destacó, también fue responsable de algunas intervenciones edilicias. De hecho, tenía el título de Maestro de Arquitectura, como consta documentalmente en los informes conservados en el Archivo Histórico Nacional y en varios contratos de obra artística que Francisco de Castro Canseco tomó a su cargo en la provincia de Ourense. Un resumen de su biografía artística en Couselo (1932, 258-63); García Iglesias (1992); y Fernández Gasalla (2004).
27. Sobre las armas de la ciudad de Viveiro, véase Chao (1955).
28. AHN. Sección Consejos, leg. 26436/3, fols. 83-84.

Lista de referencias

Fuentes manuscritas

Archivo Histórico Nacional (AHN)
Consejos, legs. 35246/3, 26436/3.
Mapas, planos y dibujos: nº 1788, 2122 y 2123.
Archivo Municipal de Pontedeume (AMP)
Expedientes de ríos, pontes, portos e afins 1588-1935, carp. 109.
Libros de actas capitulares ou do pleno 1700-1745, carp. 3.

Fuentes impresas

Alvarado, S., Durán, M. y Nárdiz, C. 1989. *Puentes históricos de Galicia*. A Coruña: Colegio Oficial de Ingenieros

de Caminos, Canales y Puertos.

Aramburu-Zabala, M. A. 1992. *La arquitectura de puentes en Castilla y León. 1575-1650*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Chao Espina, E. 1955. «Las verdaderas armas de Vivero». *Boletín de la Real Academia Gallega*. 26: 11-19.

Correa Arias, J. F. 1995. «A Ponte do Ume». *Cátedra*. 2: 15-56.

Correa Arias, J. F. 2000. «A Ponte do Ume II». *Cátedra*. 7: 7-44.

Couceiro Freijomil, A. 1944. *Historia de Puentedeume y su comarca*. Pontedeume: Artes Gráficas Compostela.

Donapétry Yribarnegaray, J. 1953. *Historia de Vivero y su concejo*. Viveiro: Artes Gráficas A. Santiago.

Couselo Bouzas, J. 1932. *Galicia artística en el siglo XVIII y primer tercio del XIX*. Santiago: Imprenta del Seminario.

Fayard. J. 1982. *Los miembros del Consejo de Castilla (1621-1746)*. Madrid: Siglo XXI.

Fernández Gasalla, L. 2004. Francisco de Castro Canseco. En *Artistas Galegos. Séculos XVIII e XIX*, 18-57. Vigo: Nova Galicia.

Fernández González, A. 2004. «A antiga ponte gótica sobre o río Eume en agosto de 1721: algunhas precisións documentais e un debuxo inédito de Fernando de Casas y Novoa». *Cátedra*. 11: 27-40.

Fernández González, A. 2006. *Fernando de Casas y Novoa, arquitecto del barroco dieciochesco*. Madrid: Fundación Universitaria Española.

Fernández González, A. 2010. «El puente de la Misericordia de Viveiro en los siglos del barroco: un dibujo inédito de Francisco de Castro Canseco». *Estudios Mindonienses*. 26: 587-597.

Ferreira Priegue, E. 1988. *Los caminos medievales de Galicia*. Ourense: Museo Arqueológico Provincial.

Filgueira Valverde, J. 1970. *Historias de Compostela*. Santiago: Bibliófilos Gallegos.

García Iglesias, J. M. 1992. «Francisco de Castro Canseco (Ca. 1655-1714) en la actividad artística de Galicia». *Laboratorio de Arte*. 5: 241-263.

García Oro, J. 1994. *Don Fernando de Andrade, Conde de Villalba 1477-1540*. Santiago: Xunta de Galicia.

García Oro, J. y Romaní, M. 1989. «Viveiro en el siglo XVI: estudio histórico y colección documental». *Estudios Mindonienses*. 5: 13-269.

González Lopo, D. L. 2002. Galicia en la Guerra de Sucesión. En *Rande 1702, arde o mar. III Centenario de la Batalla de Rande*, 103-15. Vigo: Museo del Mar de Galicia.

Madoz, P. [1845] 1986. *Diccionario geográfico, estadístico, histórico de España y sus posesiones de Ultramar: Galicia*. Santiago: Libros Galicia.

Núñez-Varela, J. R. 1998. «Algunas incidencias de la Guerra de Sucesión en la antigua provincia de Betanzos». *Revista de Neda*. 1: 41-59.

Pérez Costanti, P. [1925-27] 1993. *Notas viejas galicianas*. Santiago: Xunta de Galicia.

Rivadulla Conde, I. 1987. «As sete pontes de Fernán Pérez de Andrade». *Vntia*. 3: 62-66.

Torija, J. 1664. *Tratado breve sobre las ordenanzas de la villa de Madrid y policía de ella*. Burgos: Juan de Viar.

El General Panel System de Konrad Wachsmann y Walter Gropius, 1941

Luisa Fernández Rodríguez
Carlos Soler Monrabal

La ponencia analiza el trabajo en el campo de la industrialización, la prefabricación y la abstracción tridimensional de los arquitectos alemanes Walter Gropius (1983-1969) y Konrad Wachsmann (1901-1980). Para ello analiza en profundidad las experiencias previas en el campo de la planificación y prefabricación en Alemania y las contrapone a la experiencia común americana del General Panel System, objeto del análisis, con la que encuentra múltiples paralelismos.

A pesar del relativo fracaso de *The Packaged House*, su reverberación en el tiempo demuestra el valor catalizador de la experiencia: un hito en el debate en torno a la producción industrial masiva, automatizada y planificada frente a la construcción convencional.

Para Gropius el objetivo último de la nueva arquitectura debía lograr la integración del proyecto, la construcción y la economía en un proceso unitario en el que los grupos de trabajo multidisciplinares permitirían superar la división entre el arquitecto, el ingeniero y el constructor (Gropius [1955] 1963).

En este sentido, la industrialización y la prefabricación permitían superar la separación entre el proyecto y la producción que históricamente habían formado un proceso indivisible.

Gropius en Törten. Experiencias previas en el campo de la planificación

Desde 1906, con la creación del Werbund, Alemania fue sinónimo de renovación en el campo de las artes y la industria. Las grandes empresas abogan por una identidad corporativa y nacional en base al tipo y la norma, la investigación en la producción y la propaganda divulgativa.

En línea con estas iniciativas en 1912 se fundó la Asociación de Pequeña Vivienda Gran Berlín GBVfK (Groß-Berliner Verein für Kleinwohnungswesen) que englobaba representantes de las administraciones, bancos, compañías propietarias de tierras, cooperativas, arquitectos de renombre y corporaciones industriales ca AEG, Borsig GMBH, Ludwig Loewe & Company o Siemens AG.

Ante la urgencia de realojamiento de la población urbana tras la Gran Guerra, el Reichstag aprobó una ley de promoción de la vivienda en 1926. En paralelo se creó en 1927 la Sociedad del Reich para la Investigación en la Eficiencia de la Construcción y la Vivienda RFG (Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau und Wohnungswesen). El Comité estaba formado entre otros por Walter Gropius, Bruno Taut y Ernst May, que ya habían estado involucrados en el Comité de Normas de la Industria Alemana, para la normalización y estandarización de los materiales de construcción, así como en la GBVfK (Nerdinger 1988).

Hasta 1931 la RFG promovió directamente numerosas colonias donde se abordaron estrategias de economización vía estandarización y planificación: Stuttgart-Weisenhof, Dessau-Törten y Frankfurt, entre las más importantes.

La visión de la vivienda como producto, resultado de una planificación rigurosa de la línea continua de

montaje y sujeto a criterios de eficiencia y economía, resultará una influencia decisiva en la desarrollo de la prefabricación y la construcción modular, junto con las experiencias americanas.

1926/1928. Siedlungen Törten, Dessau.

La Siedlungen Törten es un modelo revolucionario de planificación en el que la parcela se transforma en una cadena de montaje industrial donde el producto final es la vivienda. No desarrolla la prefabricación: se opta por una mínima industrialización con baja tecnología in situ.

Gropius, en la ciudad de la Bauhaus, plantea viviendas en hilera con huerto trasero. Se ejecutaron tres lotes con tres tipos diferenciados, uno por lote. Las premisas fueron el cumplimiento de plazos y abaratamiento de costes a través de una planificación rigurosa establecida desde el propio proyecto de ejecución.

Para rebajar costes y plazos, Gropius, fiel al Taylorismo, se centra en los materiales de construcción y su transporte a pie de obra, las técnicas constructivas, la planificación de los trabajos, la organización del espacio libre de la parcela, la disposición de las grúas y la formación de los operarios. (Fig. 1)

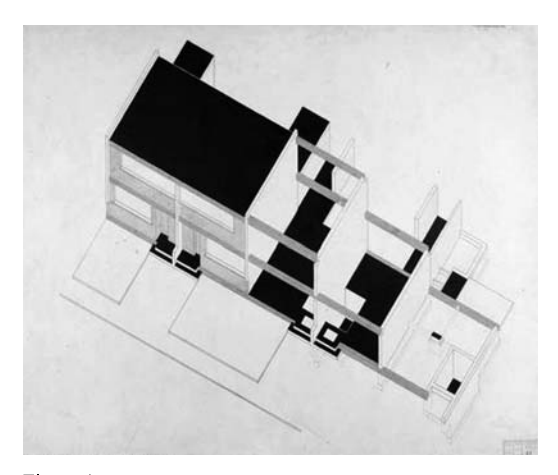


Figura 1
Isometría de la planificación del proceso constructivo. Törten Siedlungen 1926-28. (*Harvard Art Museum, Busch-Reisinger Museum / © President and Fellows of Harvard College)*

Así, Gropius aprovecha la abundancia de gravas y arenas en la localización de Törten y establece un sistema constructivo basado en la fabricación in situ de elementos prefabricados de hormigón que emplearían los áridos del lugar. De igual forma con escorias obtenidas del propio Dessau se fabricarían bloques huecos de hormigón para los muros portantes de medianería y tabiques interiores.

Los bloques huecos de hormigón tenían unas dimensiones de 22,5x25x50cm, tamaño adecuado para ser movilizadas por un único operario. Los elementos de hormigón prefabricados a pie de obra se pueden relacionar con el *Plattenbau* de Ernst May en Frankfurt pero a una escala muy reducida ya que el *Plattenbau* implicaba la prefabricación en central de frentes de fachada portantes y losas de forjado que se acoplaban en seco de forma muy similar al sistema de Grosvenor Atterbury en Estados Unidos (Kelly 1951). Por su baja tecnología y economía se podría relacionar más adecuadamente con el *tilt-up* americano.

Esas decisiones abarataban el material pero obligaban a contar con un generoso espacio libre en la parcela para el acopio y la localización de los equipos de trabajo. Gropius y su equipo dispusieron las hileras de viviendas y sus patios traseros de acuerdo a esta exigencia, enfrentando los huertos para generar una desahogada espina central por cuyo eje discurrían los raíles de la grúa móvil en el sentido de avance de los trabajos de las dos hileras simultáneamente (Nerdinger 1988; Bergdoll y Dickerman 2009).

La baja tecnología de la propuesta se demostró ineficaz. La cimentación era muy reducida. Sobre ella arrancaban los muros portantes de medianería y se completaba frontalmente a cota cero con un zuncho prefabricado in situ sobre el que se disponía el forjado de planta baja ejecutado, como el resto de planos horizontales, con losas ligeras también prefabricadas in situ. Este bautizado *sistema rápido de cubiertas* consistía en el apoyo directo de las vigas prefabricadas sobre los muros portantes de medianería, con lo que se limitaba la obra húmeda a las fábricas. La existencia de obra húmeda impedía salvar una de las dificultades de la edificación centroeuropea de la época: la estación de construcción durante la cual las condiciones meteorológicas permitían un ritmo adecuado de obra. (Fig. 2 y 3)

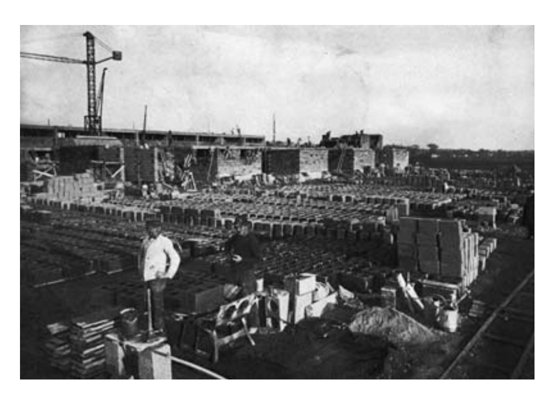


Figura 2
Vista del interior de la parcela durante las obras y prefabricados de hormigón in situ (*Nerdinger 1988)*



Figura 3
Vista del interior de la parcela y carril de la grúa móvil (Nerdinger 1988)

Técnicamente el proyecto supuso un fracaso que los detractores de la Bauhaus, la asociación de arquitectos conservadores fundamentalmente, aprovecharon para desprestigiarla en su propia ciudad. El *sistema rápido de cubiertas* presentó problemas prácticamente desde el principio y la aparición de prematuras fisuras en fachada evidenció que la cimentación era insuficiente (Berdini 1986)

Törten consiguió importantes logros en el campo de la planificación ya que redujo una media del 10-15% los costes habituales de construcción y rebajó el plazo de ejecución 5 días por vivienda para las 60 realizadas.

Gropius en Weisenhoff-Siedlungen. Investigación en torno a la junta seca.

Gropius recibió la invitación por parte del Deutscher Werkbund de desarrollar dos casas prefabricadas para el barrio experimental Weisenhof, a través de su nuevo director Mies van der Rohe. Paradójicamente Mies, que estableció la planimetría general, no comulgaba con los ideales de estandarización pues consideraba que se centraban en el medio y no en el fin de la arquitectura.

Gropius ideó soluciones diferentes para cada casa, en lo que parece una progresiva aproximación a la prefabricación. En ningún caso se formuló un verdadero sistema modular y por esa indefinición los resultados no fueron de la altura esperada.

1927. Casas Prefabricadas, Weisenhoff-Siedlungen, Stuttgart

La vivienda nº16 continuaba la línea marcada en Törten, profundizando la investigación en una línea mixta de baja tecnología que combinaba estructura metálica y entrepaños de fábrica húmeda de bloques de piedra pómez (Nerdinger 1988).

Como contrapunto, la vivienda nº17 avanzaba en el campo de la industrialización mediante el empleo de productos comerciales estandarizados con junta seca. El uso de la métrica y la modulación en base a la medida estándar de los tableros comerciales se convierte en el *leit motiv del proyecto*. La prefabricación todavía queda lejos.

Los únicos elementos húmedos son la cimentación y la solera de planta baja. El resto se ejecuta con junta seca. Destaca el esqueleto de acero de perfiles Z, con un módulo horizontal y vertical de 1,06m2 según la dimensión menor estándar de tablero comercial de la época, 55 cm aproximadamente (Fig 4).

Las fachadas se ejecutaron con tableros Eternit de fibrocemento atornillados exteriormente al entramado de acero, al interior éste se trasdosaba con placas de Lignat, producto suizo altamente resistente a la humedad para el que la compañía Cristoph und Unmack AG adquirió la patente alemana y consistente en un tablero elaborado con amianto, cemento, papel y polímeros (Tomlow 2003). En la cámara entre los dos tableros de acabado se alojaba el aislamiento de corcho.

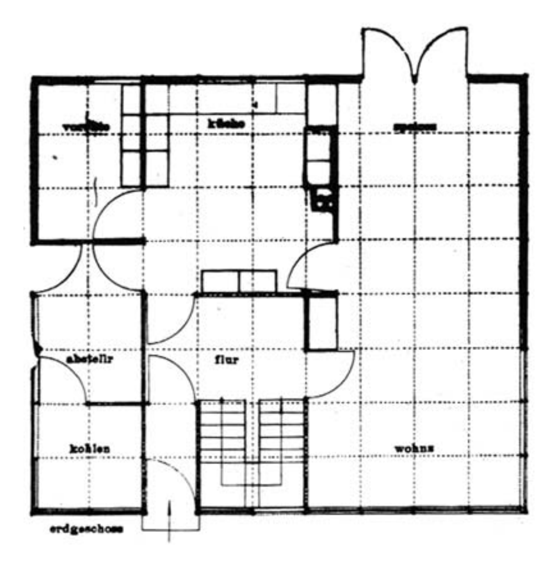


Figura 4
Planta baja de la vivienda nº 17 en Weisenhof Siedlungen. Coordinación modular (Nerdinger 1988)

El forjado de piso se ejecutó con tarima de madera maciza y para el falso techo se emplearon tableros Celotex con estructura vista. Los tableros Celotex se ejecutaban con fibras de bagazo, residuo de tallos vegetales del procesamiento de la caña de azúcar. Se trataba de tableros altamente aislantes desde el punto de vista térmico y acústico (Nerdinger 1988; Berdini 1986).

En la publicación tecnológica *Wie bauen? Bau und Einrichtung der Werkbundsied-lung am Weißenhof in Stuttgart 1927* de Heinz y Bodo Rasz, aparecida a raíz de la construcción del Weisenhof-Siedlungen, se constataba como el empleo acrítico de productos de última generación fue común en todos los proyectos, por lo que el valor propositivo de la casa nº17 era cuestionable (Fig 5).

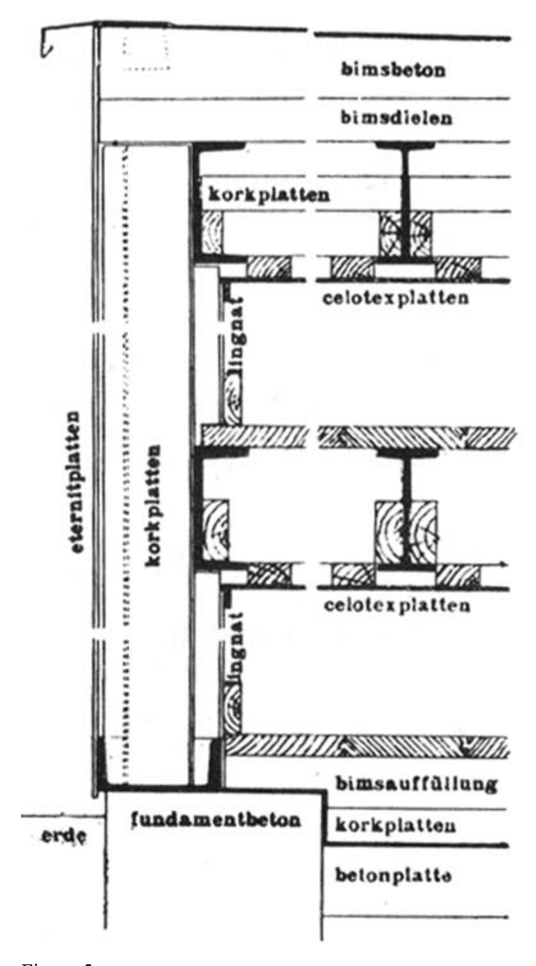


Figura 5
Sección constructiva de la vivienda nº 17 en Weisenhof Siedlungen (Berdini 1986)

Konrad Wachsmann o la prefabricación real desde la industria

Konrad Wachsmann introdujo la mirada del diseño industrial en la prefabricación. En su fase formativa tres hitos marcaron su posterior trayectoria: su conexión con el dadaísmo berlinés, la influencia de Tessenow y su paso por Christoph & Unmack AG.

En Berlín acudió a la Escuela de Artes y Oficios y en el agitado ambiente cultural de la ciudad estableció lazos con el círculo dadaísta, próximo a la tecnología por confrontación con el expresionismo. Sin rumbo fijo, se estableció en Dresde donde acudía a la Academia de Arte, dirigida por Tessenow. Éste personificaba la esencia de la arquitectura tradicional, defendía los tipos eternos, el trabajo artesanal por simplicidad, repetición y memoria colectiva. A pesar de que Wachsmann abogaba por la industria como nueva herramienta, recogió los valores abstractos de Tessenow (Tessenow [1909] 1989). En 1926 Wachs-

mann entra en la industria maderera puntera de Centroeuropa Cristoph und Unmack AG de Niesky que aprovechaba el mercado generado por la escasez de viviendas y servicios dotacionales tras la Gran Guerra. Inicialmente, Cristoph und Unmack AG explotó la tradición centroeuropea de construcción con rollizos e importó al tiempo la tradición del *Balloon* y *Platform Frame* americanos para la construcción rápida y económica. Wachsmann desplegó sus dotes como diseñador para adaptar estos sistemas foráneos a las exigencias alemanas y crear nuevas patentes derivadas de las anteriores. En breve tiempo fue nombrado arquitecto jefe de la corporación (Wachsmann [1930] 1995).

El entramado de madera in situ en Cristoph und Unmack AG. La construcción estandarizada.

Las premisas en la investigación eran la disminución al máximo del espesor de fachada, el aprovechamiento de las excelentes propiedades aislantes de la madera, la mejora de la estandarización de montantes para reducir costes y plazos y la explotación de la construcción en seco para superar las limitaciones de la estación de construcción.

La reducción del espesor del cerramiento permitía mantener la superficie interior con una superficie construida más reducida. El sistema de clavos americano permitía rapidez y economía con uniones simples y operarios menos preparados. (Fig 6).

Este sistema partía del Sistema de Entramado ligero de Madera tipo *Balloon Frame*, lo que le permitía el empleo de travesaños verticales de toda la altura, a un intereje de 50-55m, y lo combinaba con el sistema de plataforma mediante la disposición de un cabecero perimetral inferior y otro superior que recogían las viguetas de forjado. Estos cabeceros se ajustaban en los rebajes realizados en cada uno de los travesaños por el interior de los montantes de manera que éstos quedaban continuos sin interrupción. El resto de uniones se realizaba ordinariamente mediante clavos. En cubierta se solía adicionar igualmente otro par de cabeceros perimetrales con lo que se evitaba el vuelo de los aleros del *Wooden Frame*. Para reforzar la estabilidad se diagonalizaban las esquinas a altura de cada planta (Wachsmann [1930] 1995; Palma 2008; Friedman 2010; Condit 1968).

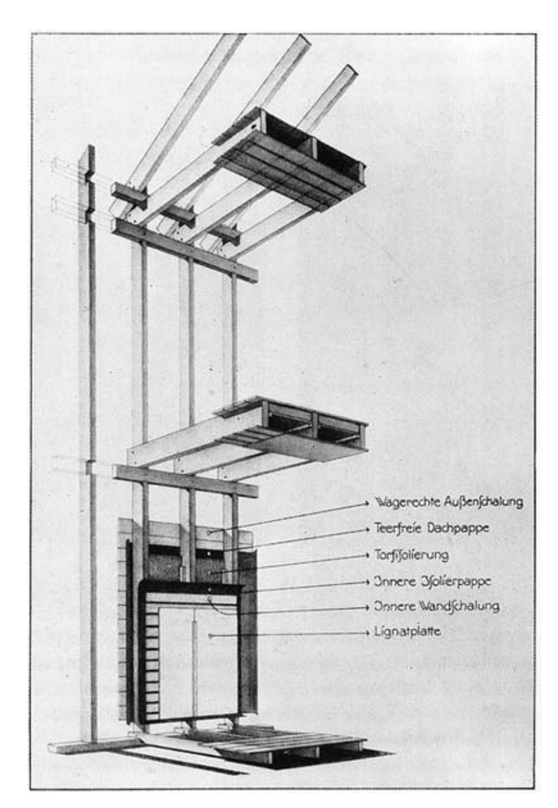


Figura 6
Diagrama de la Construcción de Entramado de Madera Alemana Contemporánea de Cristoph & Unmack AG (Waschmann [1930]1995)

El método Panel. Un primer paso en la prefabricación.

El sistema se desarrolló íntegramente por Wachsmann dentro de la Cristoph and Unmack AG. Se trataba de verdadera prefabricación: al introducir el concepto de panel portante se eliminaba el entramado y el trabajo con clavos. El camino hacia el General Panel System quedaba apuntado. (Fig 7).

El sistema se basaba en paneles autoportantes de modulación 50-55cm sin montantes verticales. La diferencia con el posterior General Panel System radicaba fundamentalmente en la menor estandarización de este panel, el menor protagonismo del módulo y sobre todo la escasa sofisticación del ensamblaje,

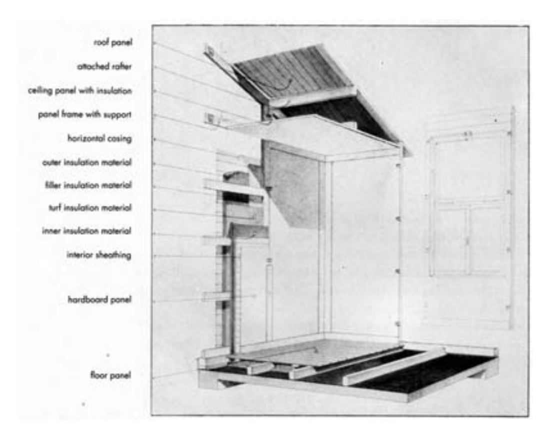


Figura 7
Diagrama de la Construcción de con el Método de Panel de Cristoph & Unmack AG (Waschmann [1930]1995)

con pasadores atornillados. En cualquier caso la eliminación de la construcción del entramado y el hecho de que el panel fuera portante, sin necesidad de trasdosar a dos caras la estructura, reducía los plazos y el espesor de la fachada.

La base soporte del sistema era, al igual que en el entramado de madera, una solera con zuncho perimetral de cimentación. Sobre ésta se colocaba un cabecero perimetral que servía de macho para la unión machihembrada de los paneles en su apoyo inferior. Los paneles se componían de un marco perimetral y largueros horizontales que alojaban el aislamiento térmico y sobre los que se claveteaban los filtros aislantes para recibir el revestimiento exterior por una de las caras y un revestimiento tipo al interior que servía de pared seca sobre la que se fijaba el tablero final deseado. En obra se recibían los paneles con los acabados establecidos, listos para fijar en la guía inferior y unirse unos a otros mediante conectores, cuatro a cada lado.

Las aristas de unión se cubrían con tapajuntas de madera maciza, lo que caracterizaba la imagen de estas construcciones, pero en algunas realizaciones más cuidadas estos elementos podían eliminarse (Wachsmann [1930] 1995).

La experiencia demostraría más adelante que la prefabricación no se traducía directamente en abaratamiento de costes. A diferencia de la experiencia de baja tecnología in situ de Gropius en Törten la amortización de costosas líneas de producción en la industria sólo se conseguía con una gran salida de producto.

El sueño americano como única opción. Gropius y Wachsmann en America

Tras la salida de Alemania en 1934 Gropius se instaló en Gran Bretaña donde colaboró con Maxwell Fry. En 1937 aceptó la invitación de la Graduate School of Design de la Universidad de Harvard para ser su director (Nerdinger 1988).

Wachsmann, judío de familia asimilada de Frankfurt, vivió momentos dramáticos en los primeros compases del conflicto bélico. En 1939, una vez su exilio en Venecia se hizo insostenible, se trasladó a Francia donde se le retuvo en un campo de internamiento. Allí Wachsmann, destinado a labores de gestión, se centró en la ideación de dos proyectos de prefabricación: un sistema de paneles autoportantes y un sistema tubular de acero. Ambos sistemas incidían en la idea de la junta y el ensamblaje tridimensional y a la larga iban a asegurar su futuro en América (Herbert 1981).

En 1941 gracias a la intervención de Walter Gropius y Siegfried Giedion, emigrados y docentes en Harvard, y sin duda también a Albert Einstein, para quien había diseñado su vivienda de madera en Berlín en 1932 con Cristoph & Unmack AG, Wachsmann es aceptado como refugiado en EE.UU.

A su llegada a América, Gropius le acoge en su propia vivienda durante casi dos años y es en el sótano de su protector donde desarrolla el germen del General Panel System o *The Packaged House*. En esta iniciativa el creador es Wachsmann y Gropius actúa de relaciones públicas por su preeminencia personal. Consigue financiación, organiza demostraciones públicas y se encarga de promover el uso del sistema desde la propia universidad (Herbert 1984).

The Packaged house o el General Panel System

Para analizar el General Panel System o *The Packaged House* se debe atender a tres factores que lo distancian de los logros europeos: la modulación, el ensamblaje y su carácter de sistema de construcción único.

Wachsmann entiende el ensamblaje y el módulo como los pilares de cualquier sistema de construc-

ción modular. Para la coordinación modular tan importante es la propia dimensión del elemento panel como la distribución geométrica de puntos en los que dichos paneles se conectan. Se debían integrar el módulo de juntas y el módulo del panel elemental que no tenían que ser iguales pero sí proporcionales (Wachsmann, 1961).

En Francia Wachsmann había elaborados los planos en el sistema métrico, en EE.UU. antes que nada debió adaptar su sistema en metros a pies y pulgadas. El problema no era banal pues no se limitaba a la transformación de unidades. Sería sin duda tema de conflicto ya que la solución adoptada pesaría en el futuro comercial del sistema. En Cristoph & Unmack se usaba un módulo de 50-55cm o 100-110cm porque se adaptaba perfectamente a los elementos singulares de la época: puertas, ventanas, armarios, camas, cocina... Wachsmann mantuvo el mismo para *The Packaged House*, el módulo único adoptado fue de 40 pulgadas (101,6cm), con un módulo extra para el interior de 4 pulgadas recomendado desde la propia industria. Según esa métrica se modulaban los paneles y los puntos de enganche entre los mismos. Sin embargo, la métrica tradicional del tablero americano es 2x4pies o 4x4 pies, es decir 24x48 o 48x48 pulgadas. Sin duda, la recomendación del módulo de 4 pulgadas intentaría crear un punto de coincidencia entre la métrica del General Panel System y la de la industria americana de tableros (Herbert 1981; Kelly 1951).

Era un sistema de construcción cerrado que no admitía flexibilidad con elementos de distinta procedencia ya que la métrica era incompatible, el cliente no podía adaptar la vivienda sino desde el propio sistema.

Si la métrica hacía al sistema inflexible, todo lo contrario a nivel de posibilidades de diseño ya que el sistema aspiraba a universal con paneles autoportantes de 6 a 10 tipos, en función del año de patente, que cubrían las distintas funciones de ventana, puerta, muro, suelo, techo y cubierta. Los tableros eran autoportantes y su ensamblaje idéntico en las tres direcciones del espacio. Sólo se precisaban estructuras especiales para separar el forjado de planta baja de la solera de cimentación y crear las cerchas de cubierta sobre los paneles de falso techo. Aún en esos puntos el ensamblaje era idéntico al empleado entre paneles (Wachsmann 1961). (Fig. 8).

Porque si algo caracterizaba y elevaba al General Panel System sobre otras propuestas era su ensamblaje mediante conectores metálicos tipo gancho que alojados en rebajes en los cantos de los paneles permitían dos o tres variaciones en la conexión entre éstos. El mecanismo de unión evolucionó desde la propuesta francesa tridimensional a la depuración máxima de la patente, bidimensional y práctica.

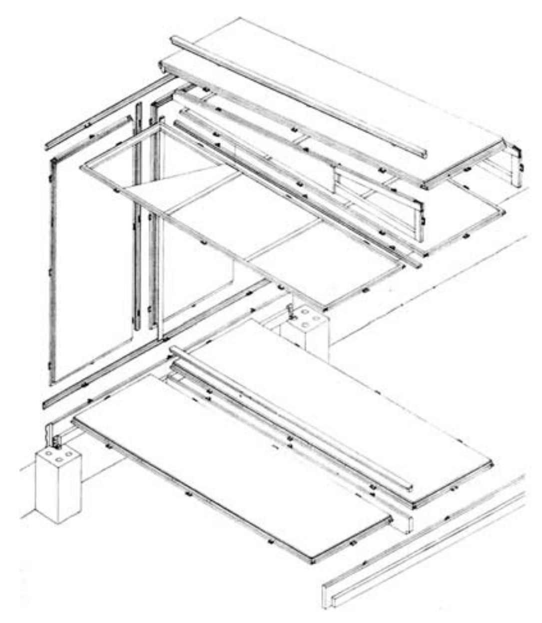


Figura 8
Diagrama de interrelación entre los distintos paneles y los elementos de ensamblaje The Packaged House (Waschmann 1961)

El ensamblaje era tremendamente simple y permitía el montaje y desmontaje de una vivienda unifamiliar de una planta de proporciones medias en un único día con una pequeña grúa y pocos operarios. Los marcos macizos perimetrales de los paneles tenían un perfil triangular quebrado característico, de forma que al unir cuatro paneles ortogonales se reconstituía un montante cuadrado ideal. La unión se aseguraba mediante los mencionados ganchos de resorte que se cerraban en el hueco central del ensamblaje, tres en cada lado largo de panel y uno en el corto.

En las uniones de dos paneles en esquina, de dos paneles en fachada o de tres paneles en T se necesitaban montantes extra, uno o dos, para cerrar el cuadrado ideal de la unión.

Se superaba el ensamblaje ordinario de pasadores atornillados del Método Panel y se conseguía un

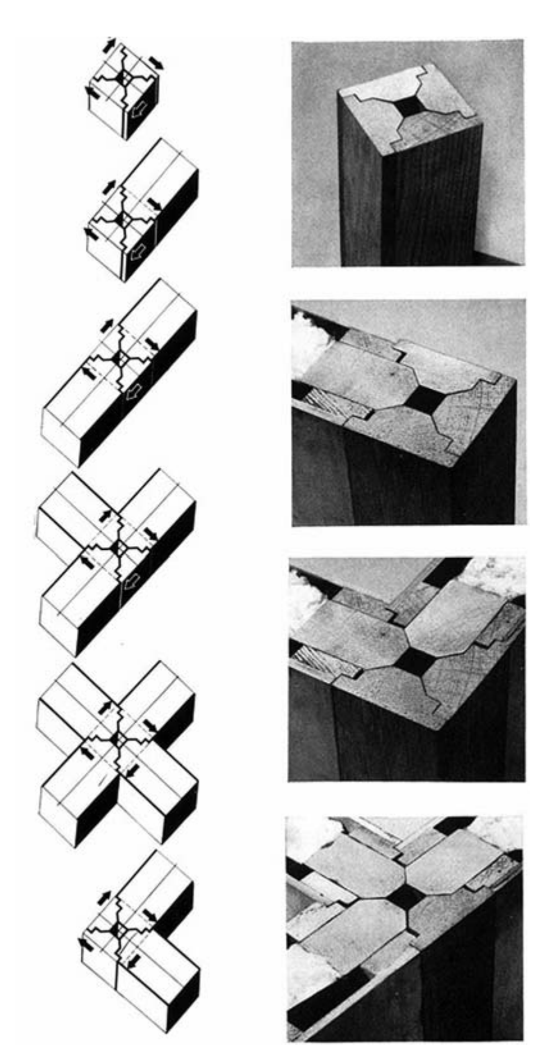


Figura 9
Sección estándar del General Panel System y posibilidades de ensamblaje. Del catálogo del sistema (Waschmann 1961)

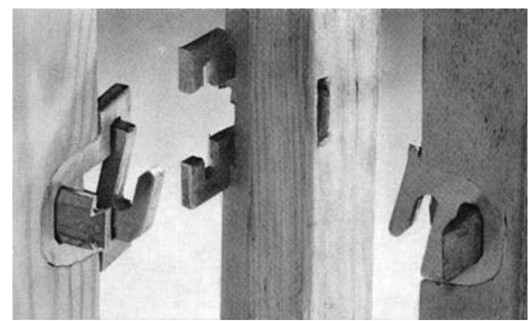


Figura 10
Posición relativa de los elementos metálicos del conector en relación a los rebajes en el canto de los paneles (Waschmann 1961)



Figura 11
Cierre del conector por resorte en una unión ortogonal de cuatro paneles (Waschmann 1961)

montaje en seco y por encaje de todas las piezas, sin clavos ni tornillos. Elementos estandarizados, fabricados, empaquetados y servidos a pie de obra: *The Packaged House* (Herbert 1981). (Fig. 9, 10 y 11).

Sin duda la gran innovación de Wachsmann fueron los conectores-gancho porque sistemas modulares de panel autoportante sin montantes estructurales ya existían en la época.

En 1931 Gropius había perfeccionado para la industria Hirsch Kupfer und Messingwerke (HKM) la patente de casa de cobre *Kupferhaus* del arquitecto Robert Krafft y el ingeniero Friedrich Förster. Los paneles con entramado interior de madera, acabado exterior de cobre e interior de aluminio tenían unos bordes laterales de geometría muy similar aunque el ensamblaje no lograba la elegancia del General Panel System. A pesar del cierto parecido en la geometría de la unión, parece exagerada la influencia directa que señala el crítico Sigfried Giedion e incluso sobreestimada la labor de Gropius para la *Kupherhaus* (Berdini 1986).

También para *The Packaged House*, Gropius desarrollo diferentes variantes de una sencilla vivienda americana con cubierta baja a dos aguas y porche. (Fig. 12)

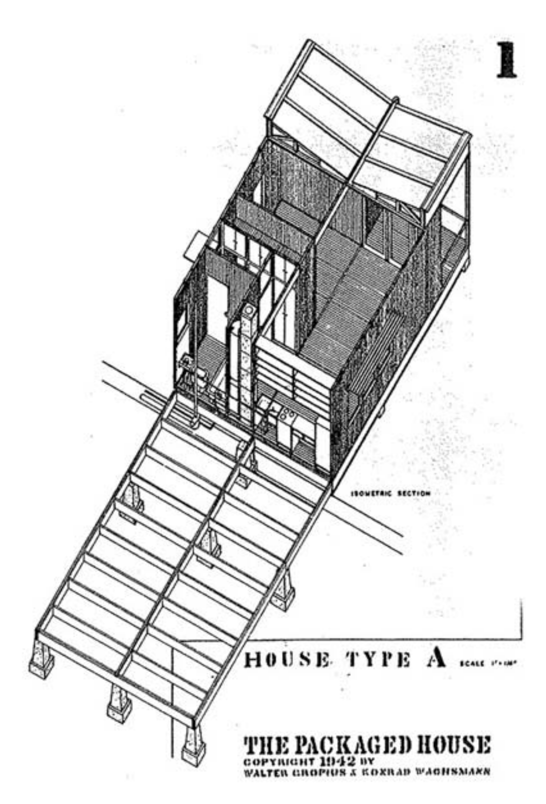


Figura 12
Axonometría descriptiva del montaje y composición de una vivienda Tipo A del General Panel System, 1941 (Herbert 1984)

Conclusión. El fracaso del General Panel System Corporation.

En la década de los treinta Estados Unidos estaba sumido en la Gran Depresión. Como medida de dinamización se crearon agencias gubernamentales para la promoción y estandarización de las viviendas de bajo coste. Las más destacadas fueron el United States Forest Laboratory, el National Bureau of Standards y sobre todo el Federal Housing Administration (FHA) que aprobaba los prototipos de sistemas constructivos, concediendo licencia y flexibilizando las condiciones de préstamos a las industrias.

Con este mismo impulso se creó el Public Housing Program para la promoción pública directa de vivienda. Este programa no contemplaba en principio la prefabricación sino la economización y la calidad.

Durante la Segunda Guerra Mundial se inició de forma urgente el Defense Housing Program que pretendía crear bolsas de vivienda de bajo coste en torno a los recién creados centros de producción para la guerra. Era necesario alojar a gran número de trabajadores desplazados y se adoptó la alternativa que ofrecía la prefabricación porque permitía gran rapidez, posibilidad de montaje y desmontaje y reducción del trabajo in situ. El programa facilitaba operaciones de gran volumen, básico para la reducción de costes, con una buena financiación por lo que numerosas nuevas empresas se acogieron a la iniciativa. Surgieron asociaciones como Prefabricated Home Manufacturers' Institute que editaba el Prefabricated Homes Journal a nivel divulgativo. En esta época, la revista Architectural Forum también se centró en la prefabricación (Kelly 1951).

En este entorno, Wachsmann se desplazó a Nueva York en 1942 y consiguió financiación para crear el General Panel System Corporation, dentro del programa de ayudas que financiaba el FHA. En 1943 el proyecto se ralentizó debido a la nueva patente de tabiquería ligera para oficinas que Wachsmann estaba desarrollando y al relanzamiento del sistema tubular de acero con la patente de hangares prefabricados MOBILAR que motivó la entrada en General Panel de la empresa Atlas Aircraft Products Co. Ese retraso en el desarrollo de la producción provocó que General Panel llegara tarde al Defense Housing Program, pues el fin de la guerra llevó el desmantelamiento de las *war plants*.

No todo estaba perdido. En 1946 se inició el programa Wyatt y su Veterans' Emergency Housing Act, una iniciativa que proponía crear cerca de 3.000.000 de viviendas para los veteranos de guerra. Para esta empresa se planteaba construcción prefabricada y así amortizar las *war plants* como centros de producción. Se financiaba a las empresas licitadoras a través de préstamos del Reconstruction Finance Corporation, pero la iniciativa pronto encontró oposición desde el sector de la construcción tradicional no prefabricada que se veía relegada. En 1948, las crecientes tensiones obligaron al presidente Truman a paralizar el Wyatt Program.

En 1946 la empresa de tableros Celotex, que estaba desarrollando las Cemesto Houses de la Pierce Foundation, se interesó por General Panel con vistas de fabricar componentes del sistema. Ese interés cristalizó en la creación del General Panel de Cali-

fornia, con Celotex y Atlas a la cabeza que se encargarían de la financiación, producción y distribución, mientras que el General Panel de Nueva York se convertía en una sección de investigación y diseño. La unión de proyecto y producción que siempre había defendido Gropius se rompió por lo que la sección de Nueva York quedó aislada, lo que explica los retrasos en los prototipos y en el desarrollo de la línea de producción de California (Herbert 1981).

En el momento en que se dio por acabado el programa Wyatt, la General Panel había producido un número escaso de viviendas con bajo número de pedidos. La amortización de la inversión era imposible y el escaso volumen encarecía el producto.

En el periodo de entreguerras gracias a las medidas intervencionistas del estado florecieron múltiples empresas de construcción prefabricada de las que en 1948 sobrevivía una muy pequeña parte. La experiencia de la General Panel System Corporation debe leerse bajo esa clave, como una de las múltiples iniciativas que no pudieron levantar el vuelo y fracasaron.

Se puede concluir que la escasa financiación inicial no permitió a General System aprovechar los encargos que obtuvo y al tiempo promover *The Packaged House* convenientemente. El perfeccionismo de Wachsmann le impedía desarrollar su labor empresarial y al mismo tiempo liderar los esfuerzos de diseño tal y como hacía en Cristoph & Unmack AG como arquitecto jefe.

No ayudó la creación de la subdivisión de California que prácticamente vacío de funciones a la empresa original e imposibilitó la coordinación del equipo creador y la línea de producción (Herbert 1981).

Pero cabe una reflexión más. ¿Por qué un sistema universal pasó comercialmente desapercibido? Era un sistema cerrado en sí mismo, ajeno a la tradición constructiva americana, y no permitía la adaptación personal del cliente. El haber adoptado una modulación de 4x2 tal vez hubiera allanado el camino y despejado los problemas de planificación de la propia línea de producción, ya que los retos a los que se debía enfrentar el equipo técnico no tenían paralelo en la construcción prefabricada que se desarrollaba en EE.UU.

Funcionaron bien las *Vacation Cottages*, que no dejaban de ser un sistema estandarizado del *Platform Frame*, o las *National Homes de Lafayette* que ofrecían sistemas mixtos industrializados y prefabricados (Kelly 1951). El público americano no aceptaba la construcción prefabricada en épocas de bonanza pues se percibía como de baja calidad, como las *Levittowns*, pero estas compañías ofrecían un producto con una imagen tradicional de costes medios. Algunas *National Homes* de los cincuenta incorporaban soluciones del Estilo Internacional que las acercaban a las Case Study Houses (Fig. 12). En la misma línea también tuvieron un relativo éxito *las Usonian Houses* de Frank Lloyd Wright que no podían adscribirse al mundo de la prefabricación sino a la máxima estandarización con baja tecnología. En todos ellas la clave fue el pragmatismo dimensional o adopción de la métrica tradicional (Sergeant 1976).





Figura 13
Catálogo de venta de casas prefabricadas de la National Homes Corporation de Lafayette, Indiana (© *National Homes*)

Lista de referencias

Berdini, P. 1986. *Walter Gropius.* Barcelona: Gustavo Gili

Bergdoll, B. y Dickerman L. 2009. *Bauhaus 1919-1933: workshops for modernity*. Nueva York: Museum of Modern Art.

Condit, C.W. 1968. *American building: Materials and technbiques from the first colonial settlements to the present.* Chicago: University of Chicago.

Friedmann, D. 2010. Historical *Building Construction: Design, Materials, and Technology*. New York: W.W. Norton & Co Inc.

Gropius, Walter. 1955. *Scope to total architecture*. Traducción en 1963. *Alcances de la arquitectura integral.* Buenos Aires: La Isla.

Gropius, Walter. 1968. *Apollo in the democracy.* Traducción en1968. *Apolo en la democracia.* Caracas: Monte Ávila Editores S.A.

Herbert, G. 1981. *The Packaged House: dream and reality.* Haifa: Technion-Israel Institute of Technology, Faculty of Architecture and Town Planning, Documentation Unit of Architecture.

Herbert, G. 1984. *The dream of the factory-made house: Walter Gropius and Konrad Wachsmann.* Chicago: MIT Press.

Kelly, B. 1951. *The Prefabrication of Houses.* Chicago: The Technology Press of Massachusetts Institute of Technology

Nerdinger, W. 1988. *Walter Gropius, opera completa.* Milán: Electa.

Palma Carazo, I. J. 2008. *Sistema de plataforma con entramado ligero de madera: platform frame aplicado a viviendas unifamiliares*. Madrid: Bellisco.

Sergeant, John. 1976. Frank Lloyd Wright's Usonian Houses. Nueva York: Whitney Library of Design.

Tessenow, H. 1909. *Der Wohnhausbau*. Reedición italiana 1989. *La costruzione della casa*. Milán: Unicopli

Tomlow, J. 2003 Industrialized log building by the Cristoph & Unmack Company (1907-1940). *Proceedings of the First International Congress on Construction History. Madrid 20-24th January 2003*

Wachsmann, K. 1930. *Holzhausbau. Technik und Gelstaltung*. Berlin: Ernst Wasmuth Verlag AG. Reeditado en 1995. *Building the wooden house. Technique and design*. Basel; Berlín; Boston: Birkhäuser Verlag.

Wachsmann, K. 1961. *The Turning Point of Architecture.* New York: Reinhold Publishing Co.

Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011,
eds. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García, M. Taín. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2011

System house: prefabricación y estandarización

Jaime J. Ferrer Forés

Esta comunicación que analiza el sistema de prefabricación denominado *System house* desarrollado por el arquitecto sueco Sven Markelius (1889-1972) en 1942, presenta una investigación pionera en Suecia sobre elementos estructurales estandarizados para la construcción de viviendas unifamiliares producidos durante la Segunda Guerra Mundial por la compañía SCA Svenska Cellulosa. Sin embargo, la producción en serie del sistema al término de la Segunda Guerra Mundial no llegó a completarse y el sistema cayó en desuso.

Basado en un modulo de 60 cm, el sistema, construido exclusivamente a partir de elementos prefabricados de madera montados in situ, se concibe a partir de la idea de la estandarización de los componentes de la casa que permita generar distintas combinaciones. De este modo, el sistema refleja en una serie de diseños experimentales para espacios domésticos producidos por Markelius, el dinamismo del alojamiento y la adaptación a las necesidades familiares.

Markelius en colaboración con Erik Friberger propone formas regulares de habitar que parten de la industrialización, nuevos materiales y geometrías exactas. Finalmente, describe los hallazgos que le condujeron desde el prototipo inicial construido en Mälarhöjden en 1942 hasta la concepción de la casa del arquitecto en Kevinge de 1945 donde explora la eficiencia del sistema en sus múltiples formas y optimiza los procesos de fabricación y estandarización de los componentes.

Prefabricación

El interés en la prefabricación surge a partir del esfuerzo socialdemócrata de proporcionar una vivienda digna a la población. Durante la construcción del estado de bienestar y la progresiva introducción de la arquitectura moderna, aparecen varios proyectos para la construcción de unidades residenciales prefabricadas. Las casas prefabricadas adoptan soluciones tecnológicas diversas, expresadas con especial rigor a través del detalle constructivo entendido como audaz síntesis entre arquitectura e industria. En un primer período las casas prefabricadas responden a la demanda de viviendas con unos mínimos de habitabilidad, tanto casas unifamiliares como casas plurifamiliares, para convertirse posteriormente en casas orientadas al ocio, como casas de vacaciones o fin de semana.

Los esfuerzos políticos y técnicos se tradujeron en una producción masiva. La vivienda como objeto de consumo propio de una nueva sociedad del bienestar y a su vez, como obra arquitectónica debe afrontar un presupuesto económico reducido vinculado a un sistema constructivo basado en la industrialización y la producción en serie, pero acompañado de un proyecto de variabilidad que permita al usuario personalizar su hábitat. Arquitectura y técnica, repetición y variación son las constantes que utilizaron los principales arquitectos modernos en el desarrollo de sus proyectos para casas prefabricadas, con la finalidad de aproximarse a un campo de experimentación residencial que estaba marginando la intervención de los

arquitectos, al primar la resolución técnica sobre el valor arquitectónico.

El concepto alemán *wachsende Haus* o *casa que va creciendo* según las necesidades de la familia que la habita establece un estándar para la vivienda asequible y mínima. De este modo, encontramos referencias en el sistema MAS (*Maison à sec*, 1938) de Le Corbusier, las casas para la compañía A. Ahlström (1939-1941) de Alvar Aalto, el catálogo de casas de vacaciones de Enso Gutzeit (1932), *Yankee portables* (1942) de Marcel Breuer, el sistema *General Panel System* de Walter Gropius y Konrad Wachsmann (1941-1952), la *Case Study House* número 8 basada en la utilización de componentes industriales comunes de Charles y Ray Eames.



Figura 1
Erik Friberger. Casa experimental, 1936. (Smith, 1957)

La exposición de Estocolmo, 1930

El inicio de la renovación arquitectónica escandinava se produce en la Exposición de Estocolmo de 1930, donde el manifiesto estético y social concebido por Erik Gunnar Asplund refleja la incipiente constitución de la sociedad del bienestar. En Escandinavia el Movimiento Moderno se convierte en el Funcionalismo Nórdico y se denomina, popularmente, *funkis*. El elementarismo geométrico y la producción industrial tienen en la vivienda colectiva el núcleo fundamental e ideológico de la revolución plástica que reconcilia la arquitectura con la conformación de la cultura política democrática.

En el artículo *La arquitectura y la política*, el historiador de arte y director de la Exposición de Estocolmo, Gregor Paulsson planteó la pregunta: ¿Qué pasa si consideramos a los edificios como productos de primera necesidad? Para considerar la casa como un objeto de consumo y no como bienes de capital era necesario experimentar con nuevas soluciones arquitectónicas. El arquitecto Erik Friberger investigó esta línea de trabajo y desarrolló en 1932 lo que denomina casa «pret-a-porter», una casa asequible, prefabricada y móvil sin ubicación definida. La casa iba a ser convertida en un objeto de consumo, y como otros objetos de consumo que se producen en serie contaba con modelos diferenciados. La universalidad del sistema que construye Friberger en la casa experimental, una estructura de acero con paneles estandarizados de madera, pretende conseguir el mayor número de variaciones y configuraciones con el mínimo de piezas estandarizadas.

En 1928, Markelius imparte una conferencia en Turku, Finlandia, con el título *Esfuerzos hacia la racionalización de la vivienda moderna* donde aboga por una arquitectura utilitaria y considera que el arquitecto debe centrarse en racionalizar la construcción (Markelius, 1928). Alvar Aalto considera a Markelius un alma gemela (Schildt, 1985). Ambos comparten la preocupación en torno al papel que desempeña la arquitectura en el campo social, económico y técnico y participarán activamente en los debates del CIAM. En el CIAM celebrado en 1929 en Frankfurt am Main, Alvar Aalto representa a Finlandia y Sven Markelius a Suecia. La contribución de Aalto se centra en la vivienda mínima y plantea una respuesta estandarizada y prefabricada: En el artículo que publica en la revista Domus, Aalto afirma: «la vivienda debe crear un espacio adecuado para desarrollar las actividades de comer, descansar y vivir. La formas biodinámicas deben ser el punto de partida para la división de la vivienda, no deben ser 'habitaciones convencionales' generadas a partir de una simetría o de una composición de fachadas.» Markelius comparte con Aalto las inquietudes en torno a la vivienda moderna y publica en la revista sueca Byggmästaren de 1930 sus reflexiones en torno a la unidad mínima de vivienda y las experiencias de Le Corbusier y Ernst May.

La escasez de vivienda y el hacinamiento en las grandes ciudades era uno de los principales problemas sociales Suecia y Finlandia. De este modo, la investigación en torno a la estandarización de la cons-

trucción y a la prefabricación que realizan Markelius y Aalto trata de dar respuesta a esta situación. En el artículo titulado *La vivienda mínima*, Aalto escribe que «no estamos en un momento de cambios de estilos, no es una cuestión de modernización superficial de las formas, sino un cambio completo en nuestra manera de trabajar». Para Aalto, la Exposición internacional de Estocolmo constituye el ámbito adecuado para debatir y presentar «sistemas, métodos, detalles y posibilidades de desarrollo. La exposiciones pueden y deben convertirse en lugares apropiados, foros de debate social que nos muestren como el potencial de la técnica puede ser utilizado. De este modo, las exposiciones son elementos muy importantes en nuestro desarrollo cultural» (Aalto, 1930).

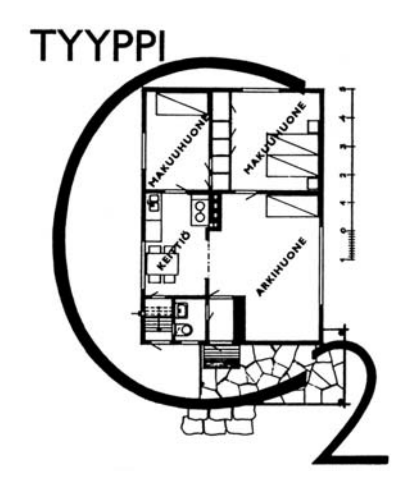


Figura 2
Alvar Aalto. Sistema de casas AA. Planta tipo C2, 1940. (Saarikangas, 1993)

Alvar Aalto. La estandarización flexible

En 1937 Alvar Aalto desarrolla por encargo de la compañía finlandesa A. Ahlström una serie de viviendas estandarizadas de madera denominadas casas estándar que se producen en la factoría de Varkaus. Se conciben tres tipos A, B, y C con unas superficies de 40 m^2, 50 m^2 y 60 m^2 y darán lugar al sistema denominado AA.

En el sistema AA confluyen las innovaciones tecnológicas y la capacidad de producción en serie de la compañía Ahsltröm con la experiencias previas de Aalto con el diseño de mobiliario de madera y su estancia en los Estados Unidos en el Massachusetss Institute of Technology, donde conoce de primera mano las innovaciones técnicas relacionadas con la prefabricación y la racionalización de la producción. El sistema AA combina la modernidad con la innovación tecnológica que permite la producción en serie de los elementos de construcción.

Alvar Aalto denominó este método de *estandarización flexible* (Aalto, 1943). Para Aalto el cometido de la estandarización era crear una arquitectura rica y variable y considera que los problemas de la arquitectura no pueden resolverse únicamente desde el punto de vista técnico. La flexibilidad de la estandarización promueve el importante papel del arquitecto y evita la completa tecnificación de la arquitectura. (Aalto, 1941) El arquitecto hace uso de la técnica para conseguir sus objetivos. Para Aalto, la estandarización no debe basarse únicamente en la tecnología, sino en la naturaleza y debe formar un sistema orgánico. La vivienda siempre depende de los cambios de la naturaleza. Aalto considera que el término adecuado es la «estandarización flexible, la adaptabilidad de los detalles a las innumerables necesidades humanas. La di-



Figura 3
Alvar Aalto. Construcción del sistema de casas AA, 1940. (Saarikangas, 1993)

ferencia entre estandarización técnica y arquitectónica es que la vía técnica conduce a un único tipo, mientras que la estandarización razonable lleva a millones de tipos diferentes entre sí» (Schildt, 1987).

En el artículo titulado el peldaño flexible, Aalto escribe: «al igual que un escritor puede manejarse perfectamente bien con el limitado vocabulario de cada día, también el arquitecto debería apañarse con un cierta cantidad de elementos estándar que se correspondieran con las necesidades normales de una edificación» y añade: «pensemos tan sólo en el potencial tan rico de combinaciones que ofrece el juego del Mecano, tan querido por los niños; y eso que allí se trata de un número muy pequeño de piezas metálicas de tamaño y forma definidos con precisión» (Schildt, 1987).

Aalto se opone el carácter impersonal de las casas prefabricadas. Frente a la producción en serie de viviendas idénticas, Aalto promueve la variación. Estudiando las variables, la orientación solar, las vistas y los límites de cada emplazamiento, la estandarización flexible debe permitir que cada proyecto establezca una respuesta concreta y específica a cada lugar, convirtiendo cada proyecto en único. Para Aalto, «todos estos problemas se examinarán en relación a la estandarización y la producción industrial como consideraciones principales. La estandarización no se emplea aquí como algo formal, con todas las casa construidas iguales. La estandarización se usará básicamente como un método para producir un sistema flexible, mediante el cual las casas individuales se puedan hacer ajustándose a familias de diferentes tamaños, localizaciones topográficas, distintos soleamientos, vistas, etc. Esto significa que prácticamente cada casa será diferente de la vecina, a pesar de que haya una estricta estandarización de elementos y células construidas. Se prestará una atención especial al tipo de sistema de estandarización que permita mayor flexibilidad» (Schildt, 1987). Aalto estudia el potencial de aplicación de los elementos del sistema para que sean capaces de utilizarse en un gran número de combinaciones.

Oficina de estandarización en Finlandia

Tras la Guerra de Invierno (1939-1940), en 1940 la Asociación de Arquitectos instituye un comité de reconstrucción. En 1940 Suecia entrega 2000 casas prefabricadas a Finlandia para contribuir en la reconstrucción del país. Las casas fueron proyectadas por arquitectos finlandeses sobre los estándares de construcción suecos que fueron progresivamente asimilados. Se diseñaron cuatro tipos básicos para emplazarse en áreas rurales o en ciudades.



Figura 4
Construcción de las casas donadas por Suecia en Pirkkola, 1940. (Saarikangas, 1993)

En 1942, se funda en Finlandia la Oficina de Estandarización con el objeto de contribuir a la reconstrucción del país. Los arquitectos Aulis Blomsted, Aarne Ervi, Viljo Revell, Olli Pöyry o Woldemar Baeckman contribuirán decisivamente en racionalizar la construcción y ante la escasez de materiales de construcción, utilizan la madera como material primordial. Frente a la construcción temporal de viviendas de emergencia y atendiendo los planteamientos de Aalto, se concibe un núcleo básico de la vivienda que facilite el crecimiento y el cambio. Frente a la uniformidad de las viviendas tipo, Alvar Aalto promueve un crecimiento aditivo que alude a la arquitectura vernácula. Para Aalto, el núcleo básico de la casa es el hogar sobre el que se organizan las distintas dependencias del programa doméstico de la vivienda.



Figura 5
Woldemar Baekman y Helena Malisto en la Oficina de la Reconstrucción, Helsinki, 1943. (Saarikangas, 1993)

La Oficina de Estandarización promueve la estandarización de los elementos de la construcción y trata de establecer un módulo aplicable en la construcción para crear un sistema de normas. Asimismo, la oficina establece un contactos con Suecia, Dinamarca y Alemania para intercambiar y perfeccionar el sistema pionero en los países nórdicos. En 1943 publica las primeras 70 fichas donde promueve la racionalización de la construcción y la sistematización de la ejecución.

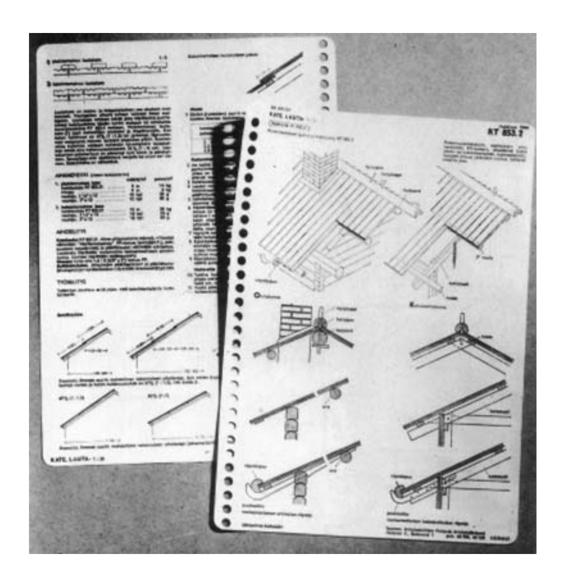


Figura 6
Fichas de la oficina de estandarización, Rakennustietokortisto, 1944. (Saarikangas, 1993)

Basados en estos estándares, Aulis Blomstedt y Kaj Englund construyen las denominadas casas *Aseveli* o las *MKL* series concebidas por Yrjö Lindegren y Aarne Hytönen. Estas series de casas presentan una referencias a la construcción tradicional vernácula mientras, en el interior el sistema permite una amplia diversidad de configuraciones.

La construcción de elementos estandarizados en Suecia

La política de vivienda del estado de bienestar, debía contribuir por un lado a satisfacer las necesidades de vivienda y por otro a convertirse en una estrategia de creación de empleo. En Suecia, las políticas de la Comisión de vivienda social creada en 1945 debían hacer frente a la escasez de vivienda y a las problemáticas y carencias técnicas y de habitabilidad del mercado de viviendas existentes. Para ello se facilitan créditos estatales para la construcción de nuevas viviendas. Reducir el coste de la construcción y conseguir una vivienda eficiente era el objetivo básico de la comisión nombrada por el Ministerio de Asuntos Sociales y encabezada por Sven Markelius quien actuaba también como presidente del Comité de la estandarización de la construcción.

Markelius junto con Erik Friberger formaban parte de esta comisión que debía satisfacer la gran demanda de vivienda social. Para ello, la industrialización de la construcción y la producción estandarizada de los elementos supone una importante reducción del coste de la construcción. La vivienda unifamiliar o los pequeños conjuntos de viviendas unifamiliares constituyen el campo de aplicación previsto de la investigación. Una investigación que pretende desarrollar la estandarización de los componentes de la edificación y no la estandarización de la edificación.

Markelius señala: «en este sentido se debe distinguir claramente entre la producción masiva de los elementos de la construcción estandarizada que proporcionan un proyecto individualizado tanto en el interior como en el exterior del edificio y, por otro lado la producción masiva de viviendas estándar que es ahora habitual y que produce como resultado una imagen inapropiada uniforme y monótona» (Rudberg, 1989). En este sentido, Erik Gunnar Asplund

en su conferencia *Arte y* Tecnológica impartida en 1936 rechaza también la repetición sistemática de los elementos estandarizados y promueve la variación y la adaptación flexible dentro de la idead de unidad.

En el estudio de los elementos estandarizados, la comisión determina que los componentes de la construcción estandarizada deben ser fáciles de transportar i ensamblar, estar constituidos por materiales de buena calidad para evitar costes de mantenimiento y que el edificio pueda extenderse fácilmente. Asimismo la comisión plantea que este tipo de construcción estandarizada debe contar con el respaldo de la administración tanto desde el punto de vista de recursos y de investigación como de apoyo financiero y político. Además la componente económica de la estandarización de los elementos de la construcción y los beneficios debería repercutir directamente sobre los propietarios, reduciendo notablemente el coste de la construcción.

Sin embargo, esta propuesta de la comisión, que debía contribuir a la racionalización de la construcción a través de la estandarización de los elementos de la vivienda unifamiliar, no se desarrollará. En su lugar, la construcción de vivienda de posguerra en Suecia se caracterizará por la vivienda colectiva construida por iniciativa privada o de cooperativas. De este modo la experiencia de la estandarización de la vivienda unifamiliar no tuvo un impacto decisivo en el mercado tanto para Suecia como para la exportación para la reconstrucción de las ciudad europea de la posguerra.

La construcción de viviendas unifamiliares a partir de elementos estandarizados no era algo nuevo en Suecia. La empresa de vivienda pública HSB había desarrollado a finales de los años 20 viviendas estandarizadas de madera en Enskede. Sin embargo, las experiencias pioneras en Suecia en el desarrollo y la investigación de elementos estructurales estandarizados para la viviendas fueron llevadas a cabo por Sven Markelius y Erik Friberger. La paciente búsqueda de Markelius para lograr viviendas funcionales a bajo coste a través de la industrialización de la construcción se desarrolla en la década de los años 20 y 30.

Después de trabajar en el campo de la vivienda colectiva, donde sus aportaciones son muy destacadas, Markelius decide explorar en la vivienda unifamiliar la idea de estandarización de los elementos. Para Markelius, la vivienda estandarizada no debe tener una forma predeterminada sino al contrario, debe ser un sistema abierto capaz de modificarse en el tiempo, como respuesta a las necesidades de los habitantes. Por tanto, no se trata de prefabricar toda la casa sino los componentes que pueden adoptar en sus diversas combinaciones distintas configuraciones, individualizados para cada familia.



Figura 7
Construcción de viviendas estandarizadas en Enskede, Estocolmo, 1924. (Paulsson, 1939)

Las experiencias de Walter Gropius con la denominada *growing house* influyeron decisivamente en el trabajo de Markelius. Gropius concibe una vivienda a partir de un núcleo estandarizado que puede ser desarrollado, en función de las necesidades y de los recursos económicos, añadiendo más elementos al sistema.

PROTOTIPO EN MÄLARHÖJDEN, 1942

Durante la Segunda Guerra Mundial, Markelius elabora el sistema de estandarización y construye un prototipo en Mälarhöjden, Estocolmo en colaboración con Bengt Lindroos. Cada elemento del sistema responde a la idea de modulación, entendido como mecanismo de economía y rigor formal. El prototipo modulado a 60 cm está compuesto por paneles ligeros de madera y de este modo se facilita el transporte y montaje de los componentes. Además, la articulación de los elementos se desarrolla a través del ensamblaje entre las piezas sin utilizar clavos ni pernos. Un tablero de fibras de madera cada 60 cm forma la estructura de la cubierta. Mientras, la fachada se ejecuta a través de un doble tablero de madera laminada. En el prototipo se ensayan detalles y soluciones que tratan, con los mínimos recursos, de racionalizar la construcción y fueron patentados.



Figura 8
Sven Markelius. Construcción del prototipo en Mälarhöjden, Estocolmo, 1942. (Rudberg, 1989)

La compañía SCA Svenska Cellulosa se interesó en el sistema y durante la Segunda Guerra Mundial entró en producción. Sin embargo, la producción fue muy limitada y su campo de acción minoritario hasta que una vez concluida la Guerra la producción se paralizó. Una filial de la compañía Kramfors AB construyó algunas variantes del sistema destinándolas a viviendas obreras anunciando que «un trabajador con la ayuda de su mujer puede levantar su casa en dos horas».

Modulada a 60 cm, la unidad de vivienda mínima tiene una superficie de 52 m^2 va creciendo añadiendo elementos al sistema según las necesidades de los habitantes. La racionalidad del planteamiento la representa en sucesivas plantas que demuestran la aplicación y el potencial del sistema. En la propuesta del planteamiento, la casa se amplía al añadir cinco nuevos módulos que permiten incrementar sucesivamente el número de habitaciones.

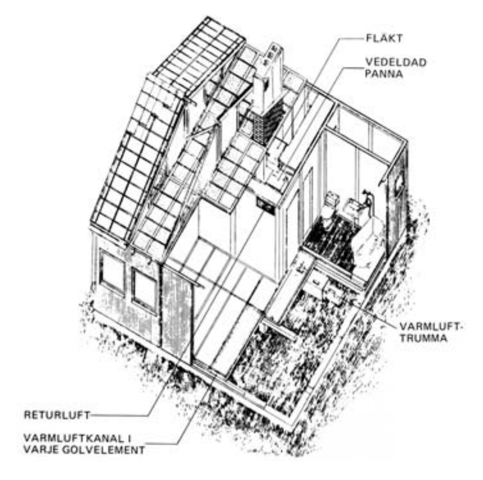


Figura 9
Sven Markelius. Axonometría del system house, 1942. (Rudberg, 1989)

CASA DEL ARQUITECTO EN KEVINGE, 1945

El ejemplo más destacado de la aplicación del sistema fue la casa del arquitecto construida al norte de la ciudad de Estocolmo en Kevinge Strand. La casa se sitúa en el extremo norte de la parcela para protegerse de la carretera y establecer un ámbito abierto hacia la mejor orientación y las vistas hacia el lago. Frente a la carretera se desarrolla el cuerpo principal que aloja el programa de la casa y perpendicularmente, el ala complementaria que alberga el estudio del arquitecto define un ámbito exterior del jardín protegido de los vientos. El dibujo del emplazamiento muestra la relación que la casa establece con la vegetación existente, con los árboles de gran porte y la definición minuciosa de un jardín que permita prolongar las actividades de la casa al exterior.

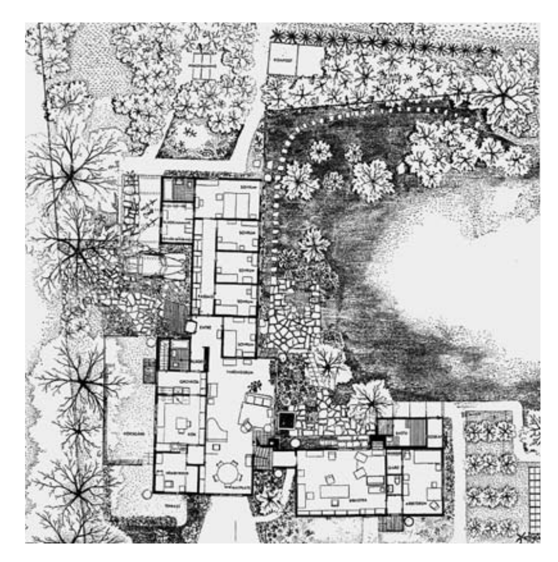


Figura 10
Sven Markelius. Planta de la casa del arquitecto en Kevinge, 1945. (Markelius, 1946)

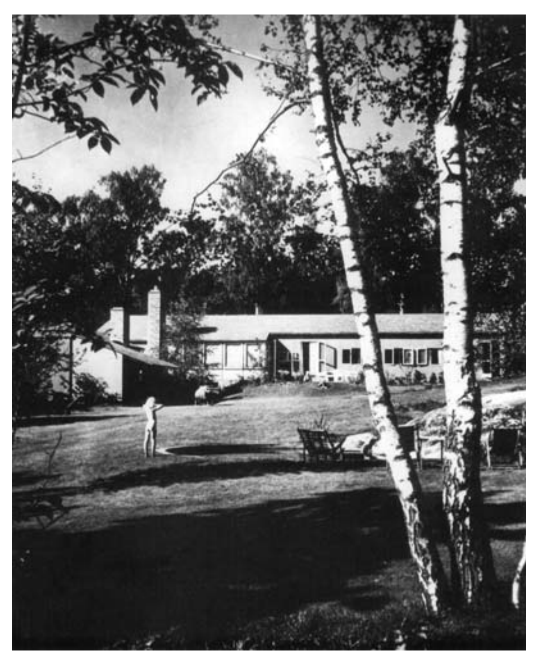


Figura 11
Sven Markelius. Casa del arquitecto en Kevinge, 1945. (Markelius, 1946)

La imagen de la casa con el amplio jardín, acentuado por un pequeño estanque, simboliza la arquitectura de la posguerra sueca, el denominado por Eric de Mare, Empirismo nórdico, una síntesis de tradición y modernidad. Con la incipiente reconstrucción de posguerra, se produce un resurgimiento del lenguaje moderno, del Estilo Internacional y un renovado interés por la arquitectura tradicional. Se concilian los impulsos internacionales con la cultura constructiva, la perfección artesanal, el compromiso material y la expresión honesta de los materiales que conforman el empirismo nórdico que fluye sobre la tradición artesanal y la herencia cultural. Para Markelius, «la arquitectura moderna sueca representa una natural evolución de nuestra tradición». (Ray, 1969)

La casa del arquitecto combina el interés por la arquitectura tradicional con las innovaciones técnicas desarrolladas en el sistema de estandarización. La casa se construye con elementos prefabricados de madera formados por paneles ligeros de madera laminada rellenos con una masa de virutas de madera. Con el objeto de obtener las mejores prestaciones y evitar las condensaciones se ensayan diversos paneles. El panel, de 15 cm de espesor, que contempla una cámara de aire y con un doble tablero de madera laminada en la cara exterior obtiene los mejores resultados. Sobre la estructura de los paneles, modulados cada 60 cm se erige la estructura de la cubierta a dos aguas. Para Markelius, la idea era que todos los elementos de la construcción se entregaran completamente acabados, incluso con la pintura exterior e interior (Markelius, 1946). La estructura de paneles prefabricados de madera se erige sobre una cimentación formada por bloques prefabricados de hormigón.

La casa experimental en Kevinge es el resultado de la cooperación entre varias empresas industriales y de la experiencia del prototipo realizado en Mälarhöjden para lograr un sistema de construcción que con un número limitado de elementos estandarizados pueda permitir distintas configuraciones y variaciones constituyendo un sistema flexible. Los componentes de la construcción se realizan en fábrica y en la puesta en obra se ensamblan los elementos estandarizados.

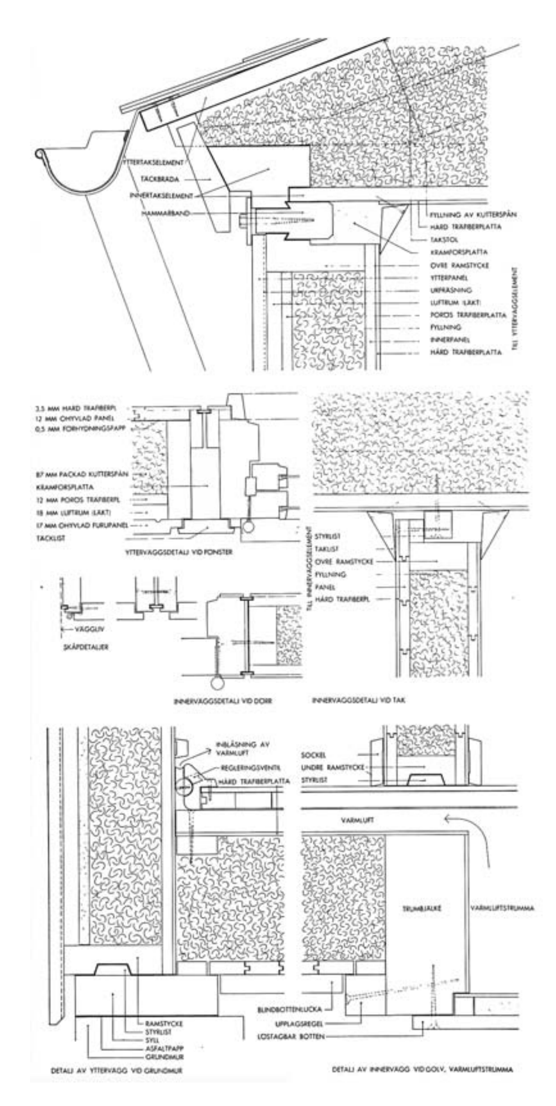


Figura 12
Sven Markelius. Sección constructiva de la casa del arquitecto en Kevinge, 1945. (Markelius, 1946)

Asimismo las innovaciones técnicas también se desarrollan en el ámbito de las instalaciones. La calefacción se desarrolla a través de un sistema de aire caliente generado a partir de una caldera y distribuido a partir de una serie de conductos embebidos tanto en la cámara de los muros como en la estructura del forjado. La renovación de aire y el retorno se controla a través de una válvula en el calentador.

Investigación: estandarización flexible

Esta investigación analiza las innovaciones técnicas, poniendo de relieve su potencial y sitúa el prototipo de Markelius en el contexto histórico mostrando su vinculación con los principales avances tecnológicos de la época en los países nórdicos, así como su capacidad de anticipar lo que hoy se perfila como la vivienda prefabricada del futuro.

El rigor geométrico y constructivo que caracteriza la obra de los arquitectos nórdicos y la aspiración a la sistematización de la construcción determinan los métodos basados en la estandarización flexible de los componentes de la construcción que desarrollan inicialmente Alvar Aalto y Sven Markelius y retoman Utzon con el sistema *Espansiva* y Arne Jacobsen con los prototipos Kubeflex i Kuadraflex en la década de los sesenta. Para Jacobsen, los fabricantes «exportan una buena cantidad de casa prefabricadas, sin fantasía ni espíritu, aunque técnicamente satisfactorias» y añade, «la creciente implantación de las nuevas técnicas de prefabricación es insatisfactoria estéticamente y creo que, en parte, se debe a que no se ha ofrecido la oportunidad de colaboración a los buenos arquitectos».

Lista de referencias

Aalto, Alvar. 1930 a. *Näyttelymme. Pienasuntonäyttelyn luettelo.* Helsinki: BSL.

Alvar Aalto. 1930 b. «Stockholmsutställningen». *Arkitekten* 8.

Alvar Aalto. 1941. «Europas återbyggnad aktualiserar det centralaste problemet för vår tids byggnadskonst». *Arkitekten* 5.

Alvar Aalto. 1943. «Finsk Byggstandardisering». *Byggmästaren* 1.

Jacobsen, Arne. 1997. «Sobre forma y diseño en la actualidad». En *Arne Jacobsen, Edificios públicos*. 2 G.

Ray, Stefano. 1969. *Il contributi svedese all'architettura contemporanea e l'opera di Sven Markelius*. Roma: Officina edizioni.

Rudberg, Eva. 1989. *Sven Markelius: Architect*. Estocolmo: Arkitektur Förlag.

Smith, Kidder. 1957. *Sweden builds*. Nueva York: Reinhold Publishing.

Schildt, Göran. 1985. *Moderna tider. Alvar Aalto möte med funktionalismen*, Estocolmo: Arkitektur Förlag.

Schildt, Göran. 1997. *Alvar Aalto de palabra y por escrito*. El Escorial: El Croquis.

Markelius, Sven. 1928. «Rationalisointipyrkimykset nykyaikaisessa huonerakennustaiteessa». *Arkkitehti* 5.

Markelius, Sven. 1946. «Villa i Kevinge». *Byggmästaren* 9.

Paulsson, Gregor. 1939. Ny Svenska Arkitektur, Estocolmo: SAR.

Saarikangas, Kirsi. 1993. *Model houses for model families. Gender, ideology and the Modern dwelling. The type-planned houses of the 1940s in Finland. Helsinki*: Societas Historica Fennica.

Valbuena de Duero. Una armadura oculta durante siglos

Violeta Ferrero Cabezas
Elena García Alías

El presente trabajo de investigación se centra en el estudio y restitución gráfica de la armadura de madera, hoy desparecida, que cubrió la nave central de la iglesia de Santa María del Castillo de Valbuena de Duero (Valladolid), pueblo castellano cuya historia se remonta a mediados del siglo XI.

Existen vestigios ocultos hasta el día de hoy que, tras su observación, catalogación y análisis, han permitido conocer dicha armadura, su estructura, configuración y localización, así como realizar una recreación enormemente fiable de su estado original.

La iglesia tiene tres naves y su orientación es este-oeste. Presenta un punto de entrada en la nave de la epístola, al sur, donde se abre una plaza de acceso. Los tres tramos de cada nave están cubiertos por bóvedas tabicadas de ladrillo revestidas de yeso y protegidas por una única cubierta a dos aguas. Dos cuerpos con cubiertas independientes se adosan a la fachada norte, la capilla del Cristo y la Sacristía, y un ábside trapezoidal con bóveda de crucería y una voluminosa torre de tres cuerpos completan la cabecera (fig. 1).



Figura 1
Fachada norte de la Iglesia Santa María de Valbuena de Duero

Antecedentes históricos[1]

El edificio ha sido objeto de una reciente intervención promovida por la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León y dirigida por las arquitectas Isabel García Muñoz y Soledad García Morales. La actuación, ya finalizada, ha estado respaldada por numerosos estudios: arqueológico, histórico, análisis patológico de daños y humedades en el inmueble y en sus bienes muebles, estudio geotécnico, etc.

En el transcurso de la investigación se han encontrado datos importantes que permiten rectificar la fecha inicial de datación de la iglesia, situada anteriormente en el siglo XVI, y establecer su cronología real.[2]

Algunos datos extraídos de los sondeos indican que habría existido ya un pequeño templo en los siglos XII-XIII. Por una parte, se han encontrado enterramientos excavados en limos geológicos adscritos a la época plenomedieval; por otra, el arco almenado adosado a los pies del edificio y la potente cimentación que sustenta la torre indican que la primitiva

iglesia podría haberse levantado adosada a la cara interior del recinto amurallado del siglo XII, de forma que la muralla coincidiría con el límite norte de la nave central.

En el siglo XIV existía ya con seguridad una Iglesia de Santa María, probablemente de una sola nave coincidente con la actual nave central, cuyo acceso se situaba en la fachada occidental y el ábside en la oriental. No se tiene conocimiento certero del sistema de cubierta que protegía el interior.

Durante los siglos XVI, XVII y XVIII la iglesia sufriría grandes transformaciones y se vería completamente reconstruida (Martín González 1970, 303).

Al siglo XVI pertenecen las trazas actuales del edificio, que se levanta en estilo renacentista. El sistema de cubierta pudo estar formado por una armadura de madera mudéjar de par y nudillo a dos aguas sobre la nave central, y dos cubiertas a un agua en las naves laterales, como parece indicar el recrecido posterior de los muretes sobre los arcos que separan las tres naves. A esta primitiva armadura pueden pertenecer los arranques que se conservan sobre la nave principal, ocultos por las bóvedas tabicadas construidas en el siglo XVIII, junto con las capillas adosadas al muro norte.

El resto de la armadura resultó destruida en posteriores intervenciones, quedando integrados muchos de sus elementos en la actual estructura a dos aguas, de escaso interés arquitectónico por otra parte, que cubre conjuntamente las tres naves de la iglesia.

una única estructura de madera de par e hilera sobre pies derechos que se divide a su vez en tres tramos que se corresponden con las naves central y laterales.

En el espacio central se hallan los estribos de la antigua armadura, manteniéndose completos dos de sus lados, y cuatro pares de tirantes medio embutidos en las bóvedas y parcialmente mutilados para la correcta distribución y construcción de las fábricas. La estructura apoya sobre los dos muretes de separación entre las naves que parten la luz de los pares y que están formados por dos entramados de madera: una cercha en el muro norte y un complicado sistema de elementos superpuestos sin orden aparente en el muro sur (fig. 2).



Figura 2
Estructura de cubierta de la nave central

La armadura de cubierta

El descubrimiento

Las piezas «supervivientes» de la armadura renacentista original fueron descubiertas en el transcurso de la intervención realizada por Soledad García Morales y Isabel García Muñoz, tras la inspección del trasdós de las bóvedas, accesible desde la escalera de la torre a través de un pequeño hueco abierto en el muro sur de la misma.

En el bajocubierta se abren dos espacios. El primero se corresponde con la cubierta de la bóveda de crucería del presbiterio, formada por una pequeña pero compleja estructura de par e hilera de tres faldones, reforzada por tirantes y otros muchos elementos que entorpecen el paso y la visión. El segundo espacio, más amplio, se corresponde con las tres naves del templo, las bóvedas de las naves se cubren con

Esta superposición de elementos y su aparente desorganización se debe a la convivencia de tres sistemas estructurales. El primero es la armadura de madera que cubrió la nave central y de la que se conservan estribos, tirantes, cuadrales, canes y restos de pintura en los muros; el segundo lo forman las bóvedas tabicadas de ladrillo, parcialmente embebidas en los tirantes; y el tercero es una estructura de madera de factura reciente que cubre todas las bóvedas, para cuya construcción se elevaron los muretes que separan la nave central de las laterales.

El hecho de que los tirantes de la primitiva armadura se vean cortados o embebidos en la fábrica indica que la construcción de las bóvedas fue posterior a la de la armadura y que, por lo tanto, la reemplazaron.

La atenta observación de los elementos que componen el último sistema, más reciente, permite distinguir, entremezclados, dos tipos de piezas de madera

con aspecto muy diferente dentro del entramado: piezas de madera aparentemente joven se alternan con fragmentos de madera envejecida, con acanaladuras y extremos en los que se intuyen uniones tradicionales que los asocian a las armaduras mudéjares típicas de la arquitectura religiosa del siglo XVI.

El estudio e identificación de cada una de estas piezas, las más antiguas, lleva a concluir que se trata de fragmentos pertenecientes a la primitiva armadura de madera, que se desmontaron y reutilizaron en la construcción del sistema de cubrición actual.

Por todo ello, parece claro que los restos que se veían eran parte de esa armadura renacentista cuya configuración no se conocía hasta el momento.[3]

Gracias a la geometrización y serialización de este tipo de estructuras, será posible determinar cómo fue la configuración original de esta armadura a partir de los restos encontrados.

Santa María de Curiel de Duero

A unos veinte kilómetros de Valbuena de Duero se encuentra Curiel de Duero, población que conserva dos iglesias, la de San Martín y la de Santa María. Esta última, bajo la misma advocación de la de Valbuena, presenta tres armaduras mudéjares completas sobre sus naves, datadas en los siglos XV y XVI. Son armaduras de par y nudillo, con tirantes dobles, cuya lima es del tipo llamado *moamar*,[4] que se caracteriza por una duplicación de la pieza de la esquina entre faldones (fig. 3).



Figura 3
Armadura central de la Iglesia de Santa María de Curiel de Duero

A la vista de la configuración de las armaduras de Curiel y de las piezas encontradas en el bajocubierta de Valbuena, así como por la cercanía geográfica entre los dos pueblos y la coincidencia en las fechas de construcción de ambos edificios, se consideró que las armaduras de las dos iglesias responderían a la misma concepción constructiva, si bien la de Valbuena resultaría de menor tamaño que la de la nave central de Curiel.

Proceso de identificación

Teniendo presente la configuración de las armaduras de la Iglesia de Santa María de Curiel de Duero, se procedió a documentar y clasificar las piezas encontradas en Valbuena.

Para facilitar la interpretación final, se ideó, *in situ*, un código de identificación de los elementos. Éste permitía situarlos posteriormente en un plano de localización, e indicaba, asimismo, la existencia o ausencia de patrones decorativos y/o rasgos específicos, como por ejemplo los vestigios de uniones tradicionales, que permiten determinar la posición de la pieza en la armadura original.

Los códigos se anotaron en papeles que se colocaron junto a cada elemento encontrado y se tomaron fotografías tanto de las zonas acotadas como de los fragmentos estudiados individualmente.

Se puso especial empeño en las piezas que conservaban parte del ensamble extremo, fundamentales para la comprensión de la geometría de la armadura; se anotaron, con toda precisión, dimensiones y ángulos sobre croquis y se tomaron fotografías perpendiculares con referencia a escala para comprobar y documentar posteriormente las anotaciones (fig. 4).



Figura 4
Proceso de documentación de las piezas originales

Aunque se intentó identificar todas las piezas existentes, hubo zonas donde no se pudo concluir el proceso. Estas áreas se corresponden en su mayoría con el bajocubierta de la nave lateral sur; el angosto acceso dificultó la entrada de más de una persona, y la escasa visibilidad junto con la imposibilidad de introducir un punto de luz artificial, así como la gran cantidad de polvo y suciedad, hicieron casi imposible la tarea de fotografiar y medir todos los fragmentos.

Finalmente, se pudo concluir que los fragmentos de piezas originales se encuentran dispersos entre todos los elementos que conforman la nueva cubierta, concentrándose gran número de ellos en la nave central, concretamente en el entramado que la separa de la nave lateral sur.

Proceso de catalogación

Una vez identificadas las piezas, se trasladó su distribución a los planos de levantamiento. Se dibujaron dos plantas, una con el bastidor de la armadura original y otra con el resto de elementos de la nueva cubierta, pares, limas, hilera...; en esta última se observa cómo se van alternando los elementos recuperados de la armadura original con las nuevas piezas. Dos secciones longitudinales representan en alzado cada uno de los muretes o entramados de separación entre la nave central y las laterales (fig. 5).

A continuación se realizó una ficha resumen para cada elemento, que lo describe, lo identifica y sintetiza sus características más relevantes. En cada ficha el elemento se reconoce con un código propio.

La primera letra mayúscula nos indica la situación de la pieza; nave central (C), nave lateral sur (S), nave lateral norte (N), presbiterio (P) y escalera de la torre (E).

A continuación se escribe la numeración correspondiente a cada área.

La siguiente letra mayúscula define el tipo de elemento que estamos estudiando; estribo (E), lima (L), nudillo (N), par (P), péndola (PP), tirante (T), can o zapata (Z) o indeterminado (I).

La última letra minúscula indica, en el caso de que la pieza tenga el ensamble de su extremo, el tipo de unión; nudillo con cornezuelos (Nc), par con garganta (Pg), par con patilla (Pp), elemento con hendidura para recibir los aliceres (a) o ensamble dudoso o indeterminado (e).[5]

Por ejemplo, una pieza con código *C.25.Nc* se corresponde con el vigésimo quinto fragmento encon-

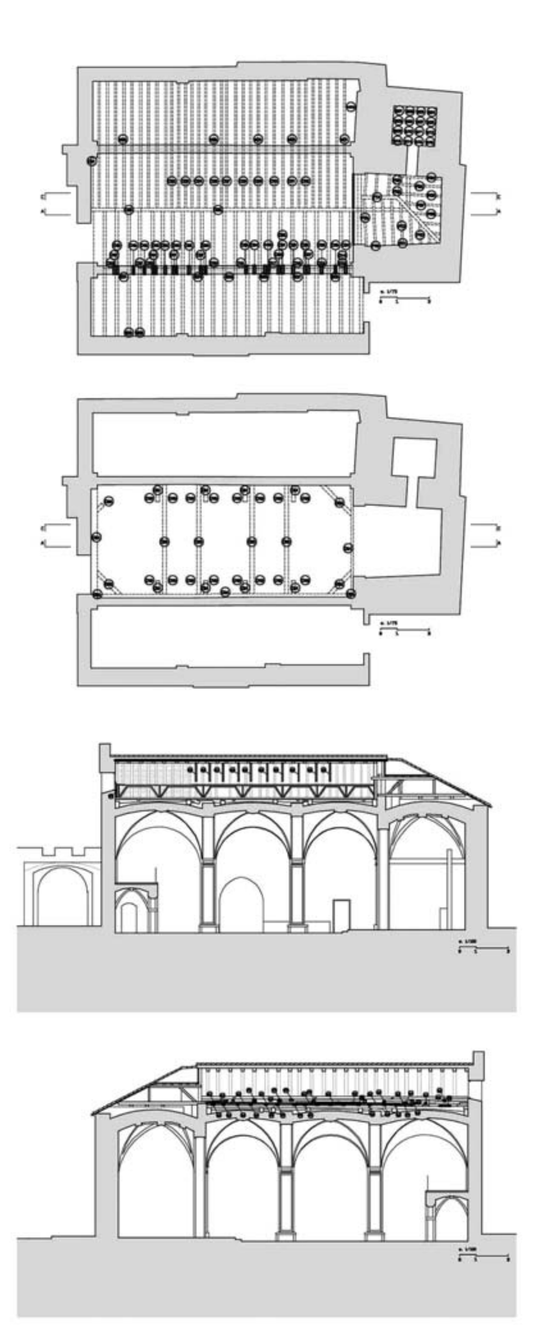


Figura 5
Planos de cubierta. Numeración y localización de las piezas encontradas

trado en la nave central, identificado como nudillo, y que conserva los cornezuelos de la unión característica con el par.

La ficha se completa con un plano y una fotografía para la localización de la pieza, una breve descripción escrita de la misma con las observaciones necesarias, una o dos fotografías de detalle, un cuadro resumen de sus características y, si procede, una representación gráfica de la misma (fig. 6).

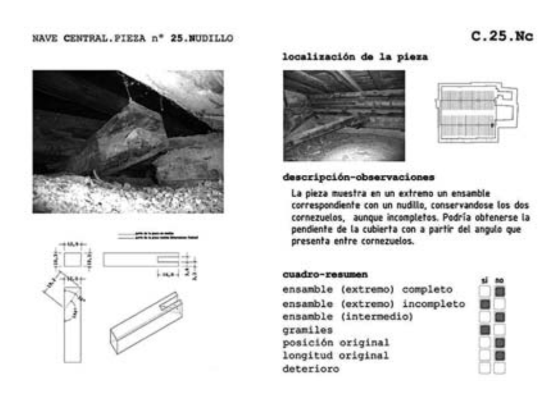


Figura 6
Ficha tipo. Nudillo situado en el entramado sur de la nave central

Se catalogó un total de ciento veintisiete piezas.

BÚSQUEDA DE LA GEOMETRÍA

A partir de las piezas encontradas era posible recomponer la geometría completa de la armadura mudéjar desaparecida.

Para ello, había que identificar en primer lugar el tipo de armadura que se estaba estudiando: cómo era su arriostramiento, si tenía nudillo y a qué altura se situaba, o cómo era la lima que articulaba sus faldones. Se hacía imprescindible también conocer las dimensiones de la planta, el módulo que articulaba la separación entre los elementos, así como su número y escuadría.

Finalmente, había que determinar la inclinación de los paños y la posición de la hilera, que define la altura total; esto significa que había que definir la pendiente de los faldones (ángulo de los pares con la horizontal) y el ángulo que formaba la lima con los pares en planta, tal y como mandan los *cartabones de armadura* [6] (fig. 7).

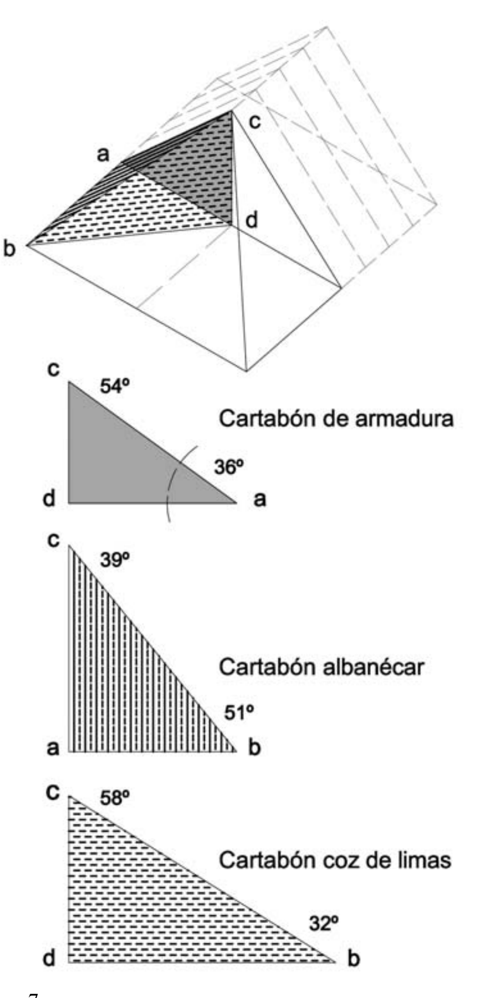


Figura 7
Ángulos y cartabones que caracterizan una armadura de madera

Veamos cómo se pudieron obtener estos datos a partir del análisis de cuatro de los fragmentos originales estudiados (fig. 8):



Figura 8
Cuatro de las piezas más características

Estribo

La obtención del tipo de armadura, así como de su arriostramiento, fue bastante inmediata gracias a los dos tramos de estribo que se encontraban completos y prácticamente inalterados en su posición original. Estos proporcionaron la dimensión de la armadura en planta y la separación entre los pares, siendo únicamente necesario comprobar la escuadría de los fragmentos existentes.

Se observó que la armadura se inscribía en un rectángulo de dieciséis metros de largo por siete de ancho, con cuatro tirantes dobles entre los faldones mayores o gualderas que dividían la base en cinco partes. Cuatro cuadrales, uno en cada esquina, arriostraban los testeros.

Intactos se conservaban también los huecos llamados *apatenaduras*, pequeños cajeados rectangulares en la cara superior del estribo que se corresponden con la mordedura que produce la barbilla de los pares en su contacto con el estribo (fig. 8a). La forma trapezoidal de las apatenaduras de las esquinas permitió identificar el tipo de lima, que era doble o moamar, y determinar el ángulo de 45 grados que formaba en planta con pares y péndolas, todo ello aunque a pesar de que ningún elemento se encontraba en su posición primitiva (fig. 9).

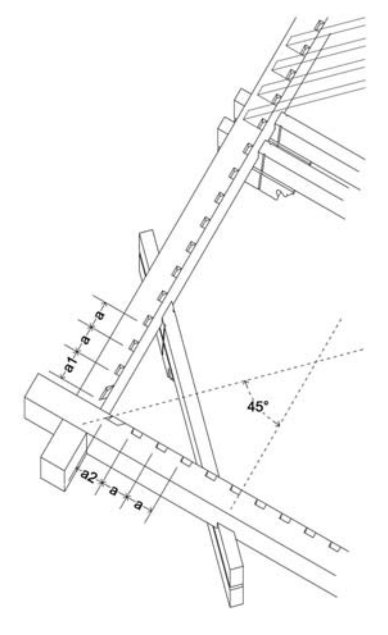


Figura 9
Apatenaduras en el estribo

Par

Entre las numerosas piezas descubiertas se encontraron dos fragmentos de pares cuyo extremo inferior, aunque parcialmente destruido, se hallaba en suficiente buen estado como para medir sus ángulos (fig. 8b). Una de las piezas conservaba la patilla superior y la barbilla inferior, que encajaba en las hendiduras del estribo.

La pendiente de una armadura se corresponde con el ángulo que da forma a la patilla, es decir, el que forman la cara superior del par y la horizontal. Veremos más adelante cómo en otras piezas se podrá comprobar este ángulo que, medido en la barbilla superviviente, dio un valor de 36 grados.

Teniendo estos dos pares, se pudo medir la escuadría de ambos y obtener una sección media, que en toda armadura es igual a la de los nudillos (fig. 10).

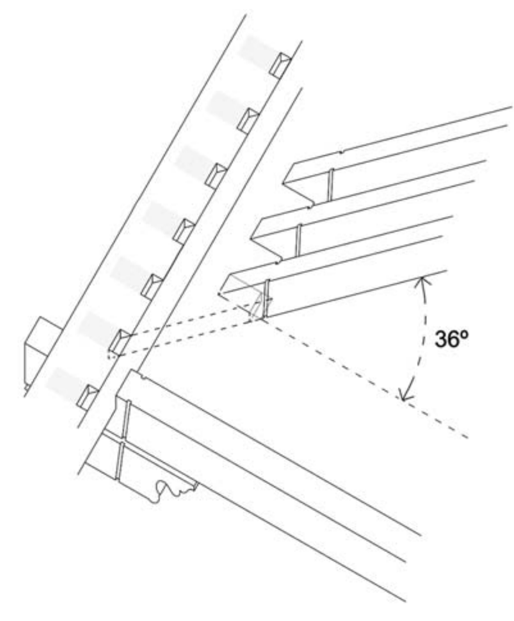


Figura 10
Apoyo del par sobre el estribo

Nudillo

Otro paso fundamental fue conocer si la armadura tenía o no nudillo, pues ninguno de los hallazgos anteriores lo había confirmado.

Tras realizar la clasificación de los fragmentos se descubrieron varias piezas cuyos extremos presentaban cornezuelos y, aunque ningún par conservaba la garganta donde se apoyarían, su existencia aseguraba que la armadura era de par y nudillo.

Los nudillos que se catalogaron presentaban en su mayoría sólo uno de los cornezuelos, pero afortunadamente se obtuvo uno que conservaba el ensamble íntegro (fig. 8c). Sobre este último se pudo medir la proporción entre el espesor total de la pieza y el grosor de los cornezuelos para definir completamente la unión; el resultado fue una división de 1/4, 2/4, 1/4.

Sobre el nudillo podía comprobarse la pendiente de la armadura. Puesto que la cara inferior de los cornezuelos es perpendicular a la inclinación del par, la pendiente era el ángulo que éstos forman con la vertical, obteniéndose de nuevo treinta y seis grados (fig. 11).

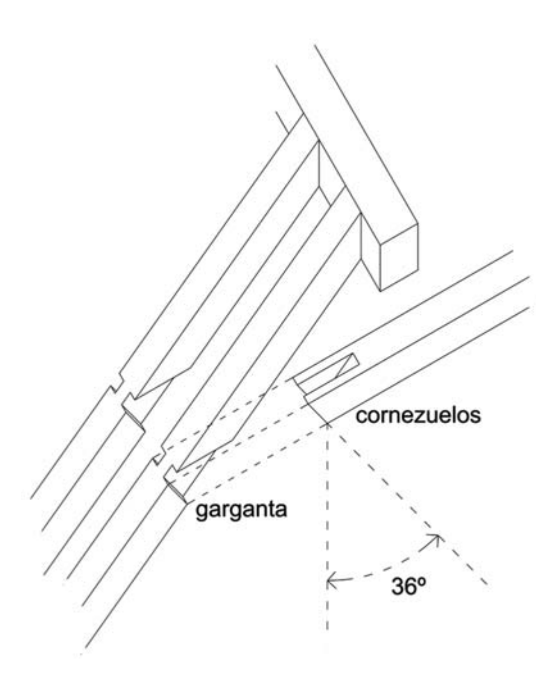


Figura 11
Ensamble entre el nudillo y el par

Lima moamar

La última pieza singular que ayudó a determinar la geometría final de la armadura fue un fragmento de lima que conservaba una serie de hendiduras que la definían como lima moamar (fig 8d). Las distancias entre ellas, así como su geometría e inclinación, confirmaron la pendiente de 36 grados de los faldones de la cubierta en coherencia con el módulo obtenido de las apatenaduras del estribo y determinaron que efectivamente la lima formaba en planta cuarenta y cinco grados con los pares (fig. 12).

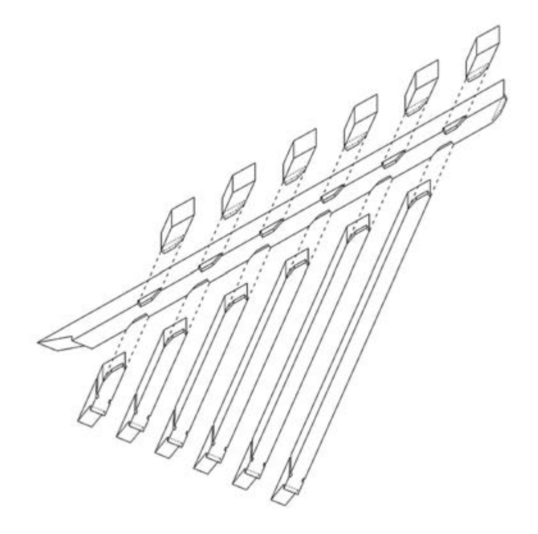


Figura 12
Encuentro entre la lima moamar y las péndolas y arrocabas

Restitución gráfica de la armadura

Una vez definida la geometría de la armadura de par y nudillo se realizó la restitución gráfica de la misma, que incluía plantas, secciones y un modelo tridimensional.

Los planos dibujados comprenden una planta general, vista desde el interior o desde abajo, donde se incorporan todos los elementos de la armadura, una planta desplegada de nudillos, pares y limas que reproduce el almizate y los faldones en verdadera magnitud y las dos secciones, transversal y longitudinal, con los detalles y uniones de todos los elementos (fig. 13, 14).

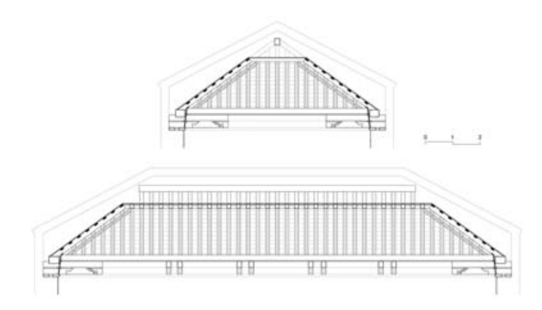


Figura 13
Restitución gráfica. Sección transversal y sección longitudinal

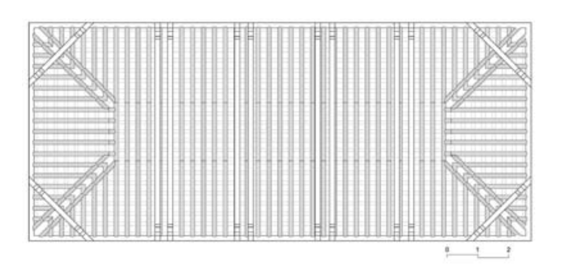


Figura 14
Restitución gráfica. Planta vista desde abajo

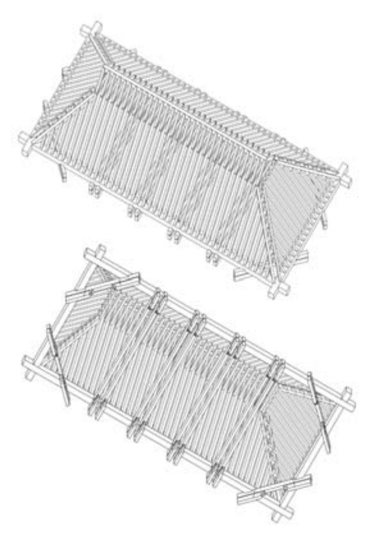


Figura 15
Restitución gráfica. Vistas de la armadura mudéjar desaparecida

Finalmente y para lograr la total y completa comprensión de la armadura, se realizó un modelo tridimensional donde poder formalizar todos los ensambles entre piezas y tener una visión general de la estructura en el espacio (fig. 15).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente a todos los que nos han ayudado y apoyado durante el proceso que ha llevado esta investigación, desde su comienzo en Valbuena de Duero hasta la elaboración de esta publicación.

Damos las gracias muy especialmente a Soledad García Morales y a Isabel García Muñoz por proponernos investigar las curiosas piezas que habían encontrado en el bajocubierta de una pequeña iglesia de Valladolid, por confiar en nosotras y por seguirnos con tanto interés en la fascinante tarea de recuperar una armadura totalmente desconocida.

NOTAS

1. Información contrastada con la Memoria del Proyecto de Intervención de la Iglesia de Santa María del Castillo redactada por Soledad García Morales e Isabel García Muñoz.
2. Varios textos revisados, entre ellos Valdivieso (1975, 8), mantienen que la iglesia se edificó en el siglo XVI y que, por lo tanto, pertenece a la arquitectura renacentista.
   Efectivamente, en este período se modifica la planta y se establecen las trazas tal y como hoy las conocemos. La gran mayoría de los retablos y bienes muebles del templo datan del siglo XVI y elementos importantes como la bóveda de crucería del ábside central son característicos renacentistas.
   Todo ello, unido al hecho de que no existían huellas góticas o románicas (o no se habían encontrado), había llevado a la conclusión de que el origen de la Iglesia de Santa María de Valbuena de Duero era renacentista. Sin embargo, hemos de tener en cuenta que, como se ha comprobado en la última intervención, el edificio no se edificó en esta época, sino que se levantó sobre un pequeño templo medieval anterior del que actualmente sí que existen vestigios que lo atestiguan, como un rosetón gótico abierto en el muro occidental o parte de las pinturas que decoraban el friso de los muros de la nave central en época medieval.

3. No se ha encontrado referencia alguna sobre la composición o datación de esta armadura de madera de par y nudillo, que probablemente sea renacentista; en esta época sólo se conoce con seguridad la construcción de la bóveda de crucería del ábside central, no se mencionan en absoluto los sistemas de cubrición del resto de los espacios de la iglesia.
4. En una armadura de madera de cubierta existe un elemento de unión entre los distintos faldones llamado lima, en el que apoyan los pares de los extremos, llamados *péndolas*.
   Puede ser una única pieza, como ocurre en las armaduras de pequeño tamaño que se pueden montar *in situ*. En este caso se denomina lima *bordón*.
   Cuando la armadura salva grandes luces o es demasiado grande para montarla directamente, se utiliza un sistema de prefabricación. Cada faldón se monta en el terreno rematando sus extremos con una lima; al elevarlos y colocarlos en su situación final, en cada una de las aristas coinciden dos limas paralelas y separadas una cierta distancia, que se salva mediante pequeñas piezas que continúan los pares llamadas *arrocabas*. En este caso se denomina lima doble o *moamar*. (2008, 334-335).
5. En la carpintería de armar existe una nomenclatura específica que define cada una de las partes que componen los ensambles entre elementos. En la armadura de par y nudillo que estamos estudiando las uniones que más nos interesaban eran la del par con el estribo, la del par con el nudillo y la unión del *arrocabe* (conjunto de piezas decorativas que ocultan la solera, el estribo y el arranque de los pares) con los pares, tirantes y canes.
   Para el correcto apoyo del par en el estribo perimetral se le realizan dos cortes angulares que forman la *patilla* y la *barbilla*; en la unión del par con el nudillo existe un rebaje o estrechamiento en el par, denominado *garganta*, en la que se alojan los dos extremos salientes del nudillo, llamados *cornezuelos*; los pares, tirantes y canes presentan una hendidura para su correcta unión con los elementos verticales del arrocabe, llamados *aliceres*.Nuere (2008, 253 Léxico).
6. López de Arenas, en su tratado de 1912, describe la manera en la que los carpinteros elaboraban y utilizaban estos cartabones de armadura en el diseño y construcción de las armaduras de madera de cubierta.

Lista de referencias

Candelas Gutiérrez, Ángel Luis. 1996. «Proceso constructivo, ornamental y estructural en las armaduras de par y nudillo». *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la construcción.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Fernández, Antonio; Emilio Barnechea y Juan Haro. 1994. *Historia del Arte*. Barcelona: Editorial Vicens-Vives.

García Morales, Soledad; Isabel García Muñoz. *Memoria del Proyecto de Intervención de la Iglesia de Santa María del Castillo. Valbuena de Duero*.
(Pendiente de publicación)

Gaztelu, Luis. [1899] 1996. *Pequeña Enciclopedia Práctica de Construcción publicada bajo la dirección de L.-A. Barré. Nº4. Carpintería de armar. Traducido y anotado por D. Luis Gaztelu*. Segunda tirada. Madrid: Librería editorial de Bailly-Baillière e hijos. (Facs. ed. Valencia: Librería París-Valencia).

López de Arenas, Diego. [[1933] 1912] 2001. *Carpintería de lo blanco y tratado de alarifes, con la conclusión de la regla de Nicolas Tartaglia, y otras cosas tocantes a la ieometría, y puntas del compás*. Sevilla: Imprenta de Luis Estupiñan. Cuarta ed. Madrid: Imprenta de los hijos de R. Álvarez. (Facs. ed. Valencia: Librería París-Valencia).

Martín González, Juan José. 1970. *Inventario artístico de Valladolid y su provincia*. Servicio Nacional de Información Artística, Arqueológica y Etnología.

Nuere Matauco, Enrique. 1985. *La Carpintería de lo Blanco, lectura dibujada del primer manuscrito de Diego López de Arenas*. Madrid: Ministerio de Cultura.

Nuere Matauco, Enrique. 2008. *La Carpintería de Armar española*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Rovira y Rabassa, Antonio. 1900. *La madera y su estereotomía*. Barcelona: Librería de Álvaro Verdaguer.

Valdivieso, Enrique. 1975. *Catálogo Monumental de la Provincia de Valladolid. Tomo VIII. Antiguo partido judicial de Peñafiel*. Valladolid: Excelentísima Diputación Provincial de Valladolid.

Los Sanatorios del Patronato Nacional Antituberculoso. Soluciones constructivas para épocas de crisis

Juana Font Arellano

Son muy conocidas las circunstancias anómalas de todo tipo que provoca una guerra en la realización de edificios.

Menos estudiadas, pero también muy presentes en este asunto, fueron las situaciones de escasez producidas en la post-guerra española

Ambas etapas obligaron a desarrollar imaginativas soluciones constructivas por parte de los arquitectos que se veían obligados a simultanear materiales modernos y tradicionales o sistemas impulsados por las conquistas constructivas de la época con los utilizados secularmente en España.

El recurso a las bóvedas, en general, y a las tabicadas españolas, impulsadas años antes por Guastavino o la recuperación de materiales presentes en la arquitectura popular pero proscritos por la corriente Internacional, tal como recomendara H-Russell Hitchtcock en su obra *Modern Architecture: Romanticism and Reintegration*, publicada en 1929, fueron constantes durante estas etapas. En ellas convivieron los más avanzados sistemas con las insólitas soluciones aportadas por el empleo de raíles en las estructuras, los forjados de cerámica armada montados en obra o las paredes maestras de carbón y tierra que hemos examinado en otras ocasiones.

Provocado también por la escasez, en este caso alimentaria, se experimentó un enorme incremento de las enfermedades vinculadas a una nutrición deficiente, siendo la tuberculosis pulmonar la que exigió un mayor esfuerzo para evitar el aumento de esta dolencia, endémica en nuestra patria.

Se había constituido ya en 1913 la Fundación del Real Patronato Nacional Antituberculoso que adoptó como emblema la cruz de Lorena de doble barra.

La República hizo propia esta labor que fue después continuada por el Gobierno de Franco con mayor urgencia a través del Patronato Nacional Antituberculoso o P.N.A. (Pieltáin 2007,17)

Se dispuso el tipo de edificio idóneo para cada lugar levantando un Sanatorio por provincia, Dispensarios en las capitales de éstas, Consultas de Tisiología en los pueblos grandes y Preventorios en determinadas zonas que por su clima benigno y su situación privilegiada evitara el contagio o reparara sus consecuencias.

Se ordenó el territorio nacional peninsular en tres zonas constructivas, norte, central y mediterránea, que, a su vez, se subdividieron en regiones.

Los proyectados para el extremo norte tendrían en cuenta la humedad de esta franja y su luz atemperada por la nubosidad.

La gran zona centro albergaría construcciones que contrarrestaran los fríos inviernos y los cálidos veranos y el área restante, con clima mediterráneo, aprovecharía la benignidad de sus temperaturas y su fuerte luminosidad.

Examinaremos las soluciones constructivas encontradas en varios de los edificios diseñados para el cuadrante noroccidental de nuestra península, dentro de dos zonas con disposiciones diferentes, pertenecientes a la 1ª Región los relativos a las provincias de La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra y a la 3ª los proyectados para las de León, Palencia y Burgos.

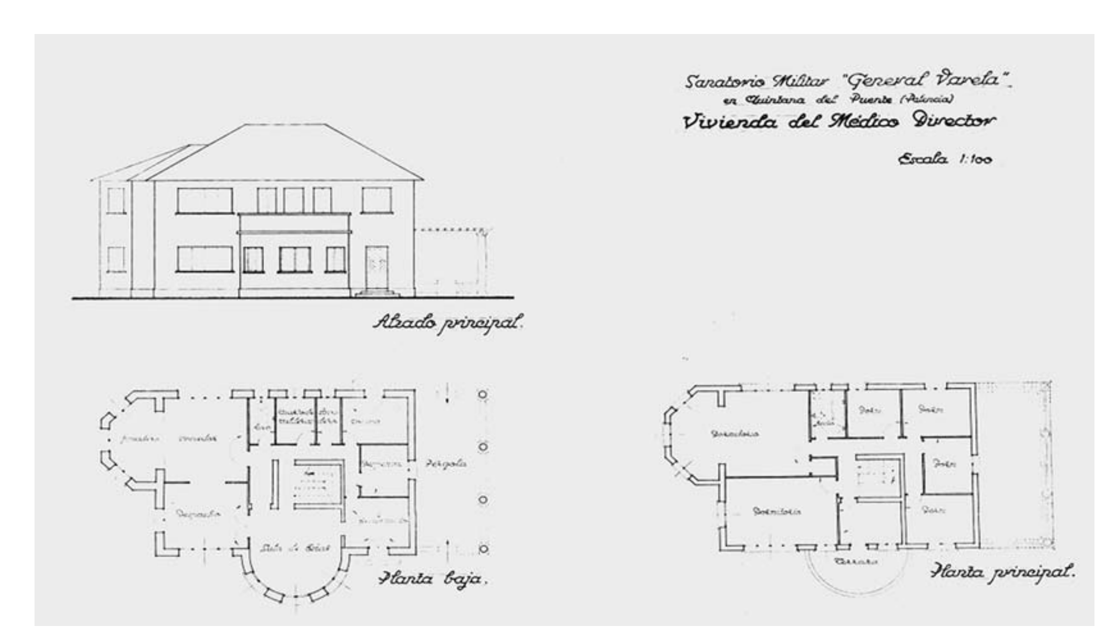


Figura 1
Vivienda del Director. Hospital de Quintana del Puente, Palencia

Para ello nos serviremos de varios proyectos realizados por Antonio Font de Bedoya, arquitecto del Patronato Nacional Antituberculoso cuyo fondo documental se encuentra en el Archivo Histórico Provincial de Palencia.

Dada la enorme magnitud de casi todos estos proyectos en los que se diseña un verdadero núcleo urbano nos limitaremos a citar algunos de los ejemplos más habituales para levantar estos espacios sanitarios.

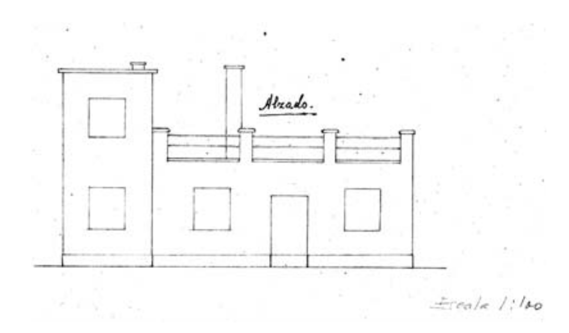


Figura 2
Vivienda para el Administrador. Quintana del P. Fondo Font de Bedoya, Archivo Htcº.P. Palencia

Era necesario conjugar muchos factores de seguridad, convivencia e implantación, además de las diferentes disposiciones sobre construcción, aspecto y decoración de los Sanatorios que se exigían a los autores de los mismos (Anónimo. Sine data.) (Anónimo 1940).

Resumiendo, quizá drásticamente, podríamos afirmar que el conocimiento de los materiales contemporáneos exhibido por los arquitectos de la época se manifiesta más en el interior de los edificios, principalmente en su cimentación, estructura, escaleras y forjados, mientras que en los exteriores, por distintas circunstancias, persiste el aspecto y el empleo de lo tradicional.

Resulta común encontrar edificios levantados en terrenos inestables, bien por la falta de otros más adecuados, bien por el dominio del oficio, ya comentado, que ha sido uno de los principales apoyos para la construcción en estas difíciles etapas, juzgadas con evidente falta de rigor por muchos de sus investigadores.

Sólo décadas después de nuestra guerra se ha reconocido que numerosas aportaciones del Instituto Nacional de Colonización, de la Obra Sindical del Hogar y del Instituto Nacional de Vivienda, basadas en el conocimiento y en la ética de sus autores constitu-

yen la columna vertebral de la avanzadilla que buscaba introducir en España la arquitectura de su época (Bergera, 2009, 121).

Recordemos que muchos de estos arquitectos trabajaron para el P.N.A.

CIMENTACIONES

Si se conseguían hierro y cemento se utilizaba con normalidad el hormigón que pocos años antes era considerado un elemento sólo manejado por algunos Ingenieros de Caminos como Juan Manuel de Zafra, que en 1910 explicaba esta materia en la Escuela de Caminos, o José Eugenio Ribera, siendo escasos los arquitectos que sabían utilizarlo como hizo Eduardo Farrés, en 1912 realizando con hormigón la estructura del Hotel Palace.

Años después persistía el dominio de los ingenieros en este asunto, por lo que todavía Arniches y Domínguez recaban la colaboración de Eduardo Torroja para diseñar la Tribuna del Hipódromo de la Zarzuela en 1934, aunque otros arquitectos como Fernández-Shaw, Anasagasti o Zuazo se interesaron por este material bastante pronto.

Sin embargo hubo proyectos en cuya realización no se lograron los materiales para elaborarlo pese a que el suministro dependía del llamado Mando Económico que controlaba la distribución del hierro y el cemento, como recuerda Urrutia hablando de Canarias (Urrutia 1997,367).

En la Memoria redactada para el Sanatorio de Quintana del Puente (Palencia), se detalla el sistema de cimentación del mismo.

Primero se pide al arquitecto, en 1938, que diseñe el conjunto sanitario donde se levantará un Sanatorio para 450-500 prisioneros tuberculosos en un terreno de 54 hectáreas. Después será encargado, para Oficiales del Ejército, un Hospital de 300 camas, cuyos planos se realizan en julio de 1940 y finalmente se solicita un edificio para 280 Sub-oficiales enfermos en el que se reducen a nueve vanos las alas del diseño anterior que mostraba 12 grandes ventanales en cada una de sus dos plantas residenciales.

Dice la Memoria que la construcción del edificio está asentada sobre una cimentación general de hormigón de cemento, que por haberse presentado el terreno con algunas bolsadas de arena fina, algo movediza, en la marga de la ladera situada al mediodía, se ha clavado a ésta, por medio de cubos, también de hormigón, de 0´80 por 0´80 y 150 de altura desde el fondo de la zanja general de cimientos, de 0´80 por 120 de profundidad, en toda su longitud, separando dichos cubos 4 metros entre ejes.



Figura 3
Fachada del Hospital de Quintana del Puente. Fondo Font de Bedoya, Archvº H.P.Palencia

Los armados de sus rellenos serían enlazados con el armado del gran aro general de cimentación.

Este sistema se repite en la ciudad de Palencia, en el Pabellón de Tuberculosos e Infecciosos de la Ciudad Benéfica Provincial.

ESTRUCTURAS, ESCALERAS Y FORJADOS. EL FORJADO PALENCIA

También ocultos a la vista, demuestran el conocimiento de los nuevos materiales y la capacidad de los técnicos para solucionar eficazmente las situaciones de penuria más propias de la inmediata postguerra que de los años de conflicto armado.

En efecto, los edificios diseñados en plena contienda pueden utilizar elementos metálicos o disponer de cemento sin grandes dificultades, tal como refleja la Memoria del Sanatorio de Quintana del Puente, ya citado, en la que se dice que en la fachada principal irán una serie de machones enlazados por cargaderos y carreras de hormigón armado o vigas laminadas del perfil necesario para cada dimensión. Los pisos serán de viguería de hierro con forjados de tablero y revoltón y costrón de mortero de cemento,

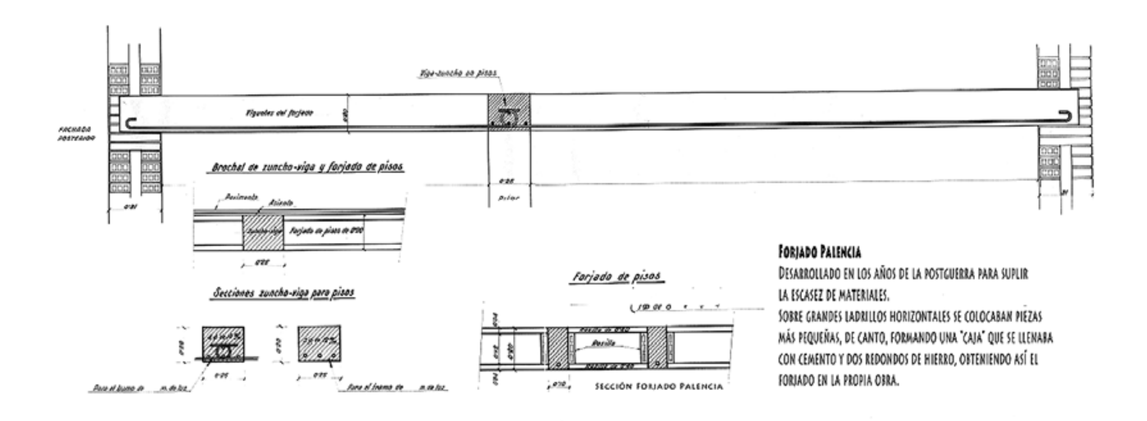


Figura 4
Forjado Palencia, todavía vigente en la década de los 50, Fondo Font de Bedoya, Archvº H.P.Palencia

mientras que el cielo raso de cubierta también será de viguería laminada de hierro con carreras de hierros I, a dos aguas generales.

Sin embargo, poco después, en mayo de 1941 ya ha de recurrirse a los forjados realizados *in situ*, para la obra del Sanatorio de Orense, intentando solventar la escasez de hierro y de cemento experimentada desde el inicio de los años cuarenta.

Estas carencias habían llevado al arquitecto Font de Bedoya a realizar una serie de experimentos constructivos que obtuvieron el Forjado Palencia, compartido de modo tan habitual con sus colegas que pasó a ser conocido como Forjado a la palentina.

Consistía el invento en disponer sobre grandes ladrillos planos de escaso espesor otros más pequeños, colocados de canto sobre los primeros, formando una especie de caja que se llenaba con una escasa cantidad de cemento y dos redondos de hierro, uno recto y otro en forma de U muy tendida, lo que permitía realizar los enlaces pertinentes.

De este modo se ahorraban grandes cantidades de materiales, tal como aconsejaba el autor anónimo del artículo publicado en la *Revista Nacional de Arquitectura*, quien recordaba que en España los forjados más usados eran los de viguetas de hierro de doble T, entre los que se colocaban las bovedillas cerámicas huecas, los forjados mixtos con losa y nervaduras de hormigón armado y los nuevos, diseñados con cemento y cerámica armada, que sustituyen la losa de compresión de hormigón, disminuyen el peso muerto y utilizan poco hierro, sólo 4 o 5 kilos por metro cuadrado, evitando además el uso de la madera para encofrados.

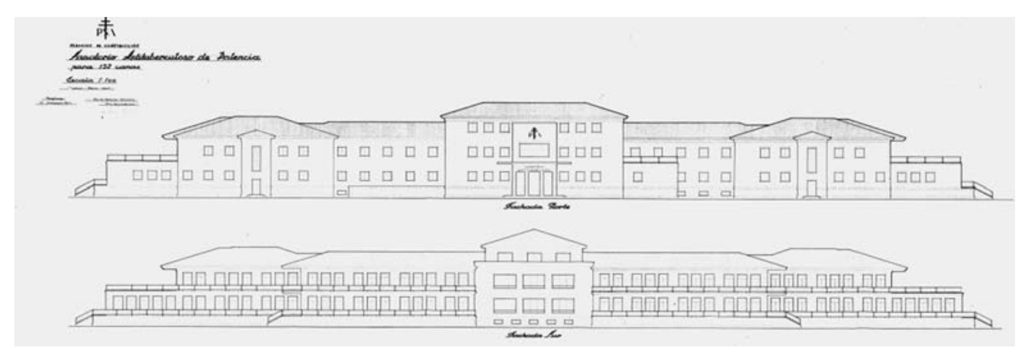


Figura 5
Sanatorio en el Monte El Viejo. Fondo Font de Bedoya, Archvº.H.P.Palencia

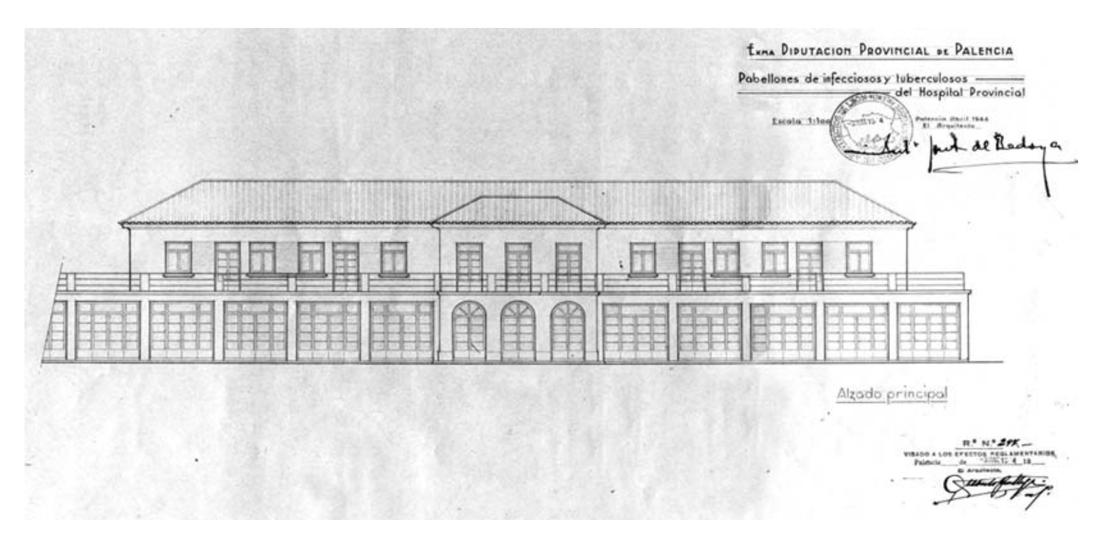


Figura 6
Pabellón Ciudad Benéfica de Palencia. Fondo Font de Bedoya, Archvº.H.P.Palencia

Los nuevos forjados, de los que surgen diferentes sistemas en varias zonas, podían desarrollar luces de hasta 7 metros en condiciones de carga normales (Anónimo 1941).

El Colegio de Arquitectos de Palencia, que había autorizado el uso de este forjado, informó años después sobre el mismo declarando que habían sido aprobados y revisados por la Sección de Investigación y Normas de la Dirección General de Arquitectura, que los reseña en la publicación *Sistemas Especiales de Forjados para la Edificación*.

Este tipo de forjado fue incluido también en los proyectos del Sanatorio de Orense, en el palentino diseñado para el Monte y en el de la Ciudad Sanitaria Provincial de Palencia, ya citados.

Muros

El aspecto exterior de los sanatorios muestra, sin embargo, las tendencias estéticas, los hábitos constructivos y las dudas estilísticas de sus autores.

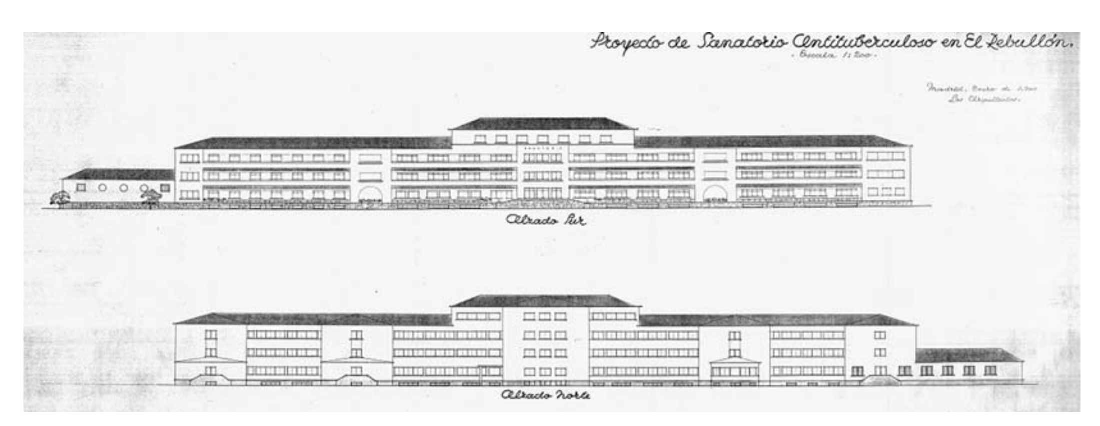


Figura 7
Sanatorio de El Rebullón, fachadas. Fondo Font de Bedoya, Archvº. H. P. Palencia

Durante la primera etapa que analizamos, estrictamente la de guerra, los materiales estaban todavía acopiados en los diferentes almacenes, como sabemos, por lo que podía obtenerse incluso todo lo necesario para realizar el revoco total que propugnaban tanto el GATEPAC como el Estilo Internacional.

A pesar de ello observamos la preferencia de los arquitectos por los materiales locales, seguramente debida, entre otras causas, a factores económicos ya que su empleo, bien conocido por los trabajadores que realizaban la obra, disminuía el tiempo empleado en levantar los muros y evitaba largos transportes. Además, como en toda etapa de crisis, la sensatez se imponía procurando no distorsionar la imagen de las construcciones ya realizadas en las que se actuaba con frecuencia para adaptarlas a usos sanitarios.

Otra causa puede ser la discrepancia manifestada por muchos arquitectos hacia las corrientes internacionales. Evidenciadas en los conocidos comentarios al respecto de técnicos tan diferentes como Luis Lacasa o Luis Moya, los dos con gran experiencia constructiva, capaces de juzgar desde sus respectivas ópticas lo poco adecuado de muchas soluciones propugnadas por Le Corbusier y sus seguidores para climas y situaciones como las existentes en nuestro país.

Incluso si examinamos las obras más tempranas de las que constituyen nuestro análisis, realizadas, pues, bajo las influencias más fuertes de la moda internacional, salvo el gran Sanatorio de Quintana del Puente, que presenta revocados los muros de todos los edificios que constituyen el conjunto sanitario, en el resto de los proyectos se opta por los materiales tradicionales propios de cada zona.

Tanto la ampliación del Preventorio antituberculoso de Palencia, situado en los terrenos cercanos del Monte *el Viejo*, como en la transformación para Sanatorio del Balneario de Boñar, en la provincia de León, encontramos la presencia del ladrillo, muy habitual en las dos localidades durante el año de 1938, cuando se realizan ambos proyectos (Anónimo 1938).

Algo después lo vemos de nuevo en Palencia, donde existen abundantes industrias ladrilleras cuyo prestigio se extendía al ámbito nacional.

La ciudad precisaba algo más que un preventorio y, sobre el terreno de éste, se proyecta, en colaboración con el arquitecto Cándido García Germán, un Sanatorio para 152 camas cuyos planos se dibujan en 1941 en el que los muros se levantarían con el buen recocho local (Anónimo 1941).

En el propio casco urbano se levantará, años más tarde, en 1943, dentro de la Ciudad Benéfica Provincial un Pabellón para Tuberculosos que alterna bandas revocadas con grandes paños de ladrillo local.

También en el proyecto redactado para el sanatorio de Orense se propone el uso de los materiales locales, mampostería de granito en este caso, aunque

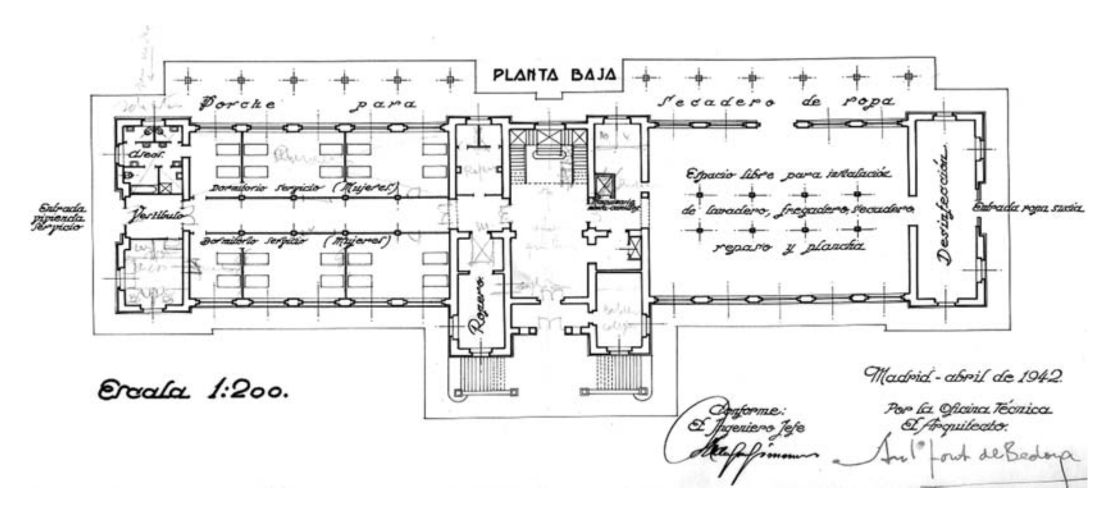


Figura 8
Pabellón de Colonias, Sanatorio Marítimo de Oza, Fondo Font de Bedoya, Archvº.H.P.Palencia

dejando la posibilidad de que si éste faltara se realizaran sus muros con ladrillo, incluso hueco y revocado, formando una cámara de aire. Llevaría tres juntas de dilatación que dividirían el edificio en cuatro partes. Se situaría en la carretera de Orense a Piñor y constaría de 230 camas (Font de Bedoya 1941).

Por su parte el gran sanatorio de El Rebullón, cercano a la ciudad de Vigo, en la provincia de Pontevedra, también empleará en sus muros la alternancia de los paños revocados con cadenas de granito en los esquinales para un edificio bastante diferente al anteproyecto realizado por R. Fernández Cochón en enero de 1940.

La correspondencia y los planos muestran que este arquitecto local aceptó la revisión de su proyecto para adaptar el interior a las normas emitidas por el P.N.A.,adaptación realizada por Antonio Font, quien ofreció al autor la dirección de esta obra, luego publicada en la *Revista Nacional de Arquitectura*, aunque sin mencionar intervención alguna ajena a su autor (Fernández Cochón 1941).

También se emplean muros revocados y piedra en el Sanatorio Marítimo de Oza, que surgió como continuación del Lazareto creado en la segunda mitad del siglo XIX para albergar a los marinos que debieran someterse a cuarentena

Situado en el singular paraje que recogiera en su plano de 1639 Juan de Santamaría y Tapia, el conjunto consta de diferentes edificios como la pequeña capilla románica o El Fortín, donde se albergan las baterías que evitaran desembarcos piratas como el realizado por Drake en 1589 además del hermoso Pabellón de Colonias, realizado a comienzos del siglo XX por Pedro Mariño y Ortega, autor del Ayuntamiento coruñés.

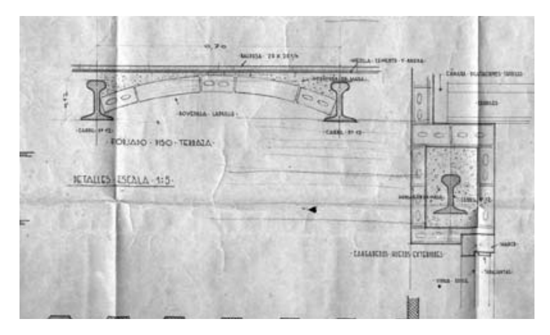


Figura 9
Sanatorio de Boñar. Fondo Font de Bedoya, Archvº.H. P. Palencia

La perentoria necesidad de albergar a un enorme número de enfermos hizo que se dotara de una planta superior al edificio de El Fortín, se ampliaran los otros 3 pabellones y se transformara el principal, de Colonias, que Font quería evitar tocar dedicándolo a niños ya restablecidos o que precisaran aislamiento de familiares enfermos.

No tuvo éxito en sus propuestas por lo que adaptó el edificio a residencia de enfermos actuando con el mayor respeto posible, conservando la espléndida escalinata central que hoy es el foco de interés de la actual Escuela de enfermería realizada por Manuel de Las Casas.

CUBIERTAS

También las cubiertas y cerramientos superiores muestran una preferencia por las soluciones tradicionales

La teja árabe, en general, y también la plana, son las elegidas para cubrir la totalidad de los edificios o parte de ellos, quedando el resto rematado, frecuentemente, por grandes terrazas a la catalana.

LISTA DE REFERENCIAS

Anónimo, sine data *Normas sobre características y necesidades de los Sanatorios del Patronato Nacional Antituberculoso*. Madrid: Dirección General de Arquitectura. Archivo Histórico Provincial, Palencia, Fondo Font de Bedoya.

Anónimo. 1938. *Memoria de las obras ejecutadas en el edificio del Monte El Viejo de Palencia, Preventorio Antituberculoso Militar. Propuesta de ampliación del mismo*. Palencia: Comandancia de Ingenieros del Cuerpo del Ejército de Castilla. Archivo Htcº P. Palencia, Fondo Font de Bedoya.

Anónimo. 1940. *Orientaciones para la labor del Patronato Nacional Antituberculoso*. Sine locus. Archivo Htcº P. Palencia, Fondo Font de Bedoya.

Anónimo. 1941. «Los forjados de piso en cemento-cerámica». *Revista Nacional de Arquitectura*, 1, 68, Madrid.

Anónimo. 1941. *Sanatorio Antituberculoso de Palencia. Informe médico sobre las características y necesidades de los sanatorios del Patronato Nacional Antituberculoso*. Sine locus. Archvo Hitcº P. Palencia, Fono Font de Bedoya.

Bergera, I. 2009. «Obra Sindical del Hogar. tres décadas de vivienda social». En *La vivienda protegida. Historia de una necesidad,* 121. Madrid: Ministerio de Vivienda

Fernández Cochón, R.1941. «Sanatorio Antituberculoso en el Rebullón». *Revista Nacional de Arquitectura* 2: 3 Madrid

Font de Bedoya, A. 1941. *Sanatorio de Orense. Memoria-informe de las necesidades sanitarias de Galicia,* Madrid 24 de febrero de 19141.Archvº Htcº Provincial. Palencia: Fondo Font de Bedoya.

Pieltáin, A. 2007. *Arquitectura para la sanidad pública en España.1942-1977*,17. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo

Urrutia, Á.,1997. *Arquitectura española. Siglo XX*. 367. Madrid: Cátedra

Historia de la Construcción y Arqueologia: el analisis contructivo de la vida del monumento

Manuel Fortea Luna
Marco Antonio Garcés Desmaison

El título de esta Ponencia no es novedoso. Desde la aparición del método conocido en su momento como «Arqueología de la Arquitectura», la aportación de la arqueología empezó a estar íntimamente ligada al conocimiento de las técnicas constructivas de los edificios históricos.

Podemos considerar al arquitecto y arqueólogo Roberto Parenti (Francovich 1988) como uno de los más destacados promotores de esta manera de acercarnos al patrimonio. Su aplicación de la metodología de investigación arqueológica al ámbito del análisis arquitectónico supuso no solo un enorme avance en el conocimiento riguroso de las etapas constructivas de los edificios, sino también una invitación a la colaboración estrecha entre arquitectos e historiadores.

Ya en 1995, con objeto de una recapitulación de la experiencia acumulada hasta el momento, el propio Parenti (Parenti 1995) señalaba que los resultados del análisis estratigráfico podían utilizarse en varias direcciones: para caracterizar las técnicas constructivas, para definir el modelo constructivo, para definir las fases de desarrollo de un centro habitado, o para evidenciar los sismos del pasado.

Creemos que, a pesar de la dilatada trayectoria que este modo de trabajar ha alcanzado en nuestro país, su enorme potencial no está explotado del todo. De ahí la necesidad de hacer hincapié en las posibilidades del análisis constructivo como forma de aproximación a la vida del monumento, y concretamente, a lo que en este artículo hemos dado en llamar «historia de las cargas».

La arqueología de la arquitectura, que es el nombre con el que se introdujo este concepto entre nosotros, efectivamente se ha consolidado como método de conocimiento para analizar y describir las fases constructivas de un edificio. A lo largo de los años ha tomado carta de naturaleza y ya no es necesario explicar cuáles son sus bondades. Hoy disponemos de una revista de periodicidad anual (*Arqueología de la Arquitectura*, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas) y hablamos de análisis estratigráfico, análisis de muros o lectura de paramentos, como una técnica habitual de estudio, luego de superar la espantosa traslación de la expresión italiana «análisis murario» (sic).[1]

En el contexto de los trabajos que son necesarios para la restauración de un monumento, el análisis estratigráfico es una labor que desarrollan los historiadores, y más concretamente, los arqueólogos, puesto que se trata de una metodología que tiene su origen precisamente en la arqueología. En principio, pues, los arquitectos y también los ingenieros o los propios especialistas en construcción (aparejadores e ingenieros de la edificación) han considerado que esta parcela ha quedado fuera de su ámbito de actuación y de sus competencias.

Con los avances de las técnicas de representación y de toma de datos de la realidad geométrica del espacio construido —tanto de los edificios como del territorio—, el análisis estratigráfico se ha convertido en una copiosa fuente de datos —gracias al rigor de los levantamientos— y, al tiempo, ha encontrado me-

jores y más vistosas formas de expresión de sus resultados.

Podríamos decir que la garantía de rigor que las modernas técnicas de levantamiento ofrecen a los arquitectos y a los historiadores han permitido a unos y otros disponer de un marco de referencia común, perfectamente asequible y, por lo tanto, de unas mayores posibilidades de acercamiento entre ambas disciplinas.

Dicho de otra manera, las representaciones espaciales de las que hoy disponemos gracias a dichas técnicas —desde la foto rectificada hasta el escáner— deberían convertirse no solo en dibujos de calidad donde cada especialista vuelca sus conclusiones, sino en auténticas bases de datos sobre los edificios, los tipos de edificios, o la propia ciudad.

Sin embargo, no parece que esté ocurriendo de este modo. La extraordinaria potencia del análisis no está siendo explotada con arreglo a las aplicaciones que ya en 1995 Parenti (Parenti 1995) apuntaba con lucidez, y sobre las que luego volveremos. El edificio recibe solo algunos datos, y los resultados finales de la investigación no se enriquecen con las aportaciones de otros especialistas, por ejemplo, en lo que concierne al comportamiento estructural de las fábricas a lo largo de la historia.

Muchos de los análisis estratigráficos de los que disponemos forman parte de trabajos de mayor alcance, normalmente Planes Directores o proyectos de restauración con finalidades concretas. Los estudios y ensayos elaborados en este contexto tienden a convertirse en compartimentos estancos y no contestan a las preguntas que los mismos edificios están planteando, sin que sus interlocutores sean capaces de verbalizarlo.

Dicho de otra manera, faltan trabajos de síntesis en los que los agentes que intervienen en el análisis de un edificio —con independencia de que este vaya a ser objeto de restauración— establezcan hipótesis o conjeturas que expliquen las incógnitas que van surgiendo. O lo que es peor, falta establecer cuáles son esas incógnitas. En este contexto, hemos constatado un sensible absentismo por parte de los arquitectos, llamados por su propia formación a asumir cierto liderazgo en la conservación y tratamiento del patrimonio construido.

Es interesante destacar aquí que la Administración sí ha asumido un papel relevante en el desarrollo de este tipo de investigaciones, casi siempre encaminadas a dar soporte científico a intervenciones de distinto alcance y naturaleza.

Los análisis desarrollados en el contexto de proyectos de restauración tienen una finalidad de tipo práctico y no exclusivamente académica, siendo su objetivo la obtención de un conocimiento que permita intervenir de forma más ajustada a las necesidades de cada caso. En definitiva, las restauraciones apoyadas por el conocimiento riguroso tienen, de partida, dos ventajas indudables: la posibilidad de una mínima intervención, y el carácter de investigación que toda restauración implica.

Esta forma de trabajar supone la superación del clásico binomio proyecto-obra que, impulsado por la constatación de necesidades apremiantes en algunos casos, creaba las condiciones favorables para la pérdida de información en el documento construido. Las obras, en este contexto, tenían un carácter destructivo por definición.

Tradicionalmente, se ha intentado recabar de los redactores de proyectos e incluso de los historiadores que han colaborado con aquellos, una aproximación a la evolución de los edificios, así como dataciones absolutas y comparaciones tipológicas. Las limitaciones de este planteamiento han podido ser superadas gracias a la extensiva implantación de investigaciones previas al proyecto, en su caso, y en concreto, a la aplicación de los principios de la arqueología de la arquitectura.

La experiencia va demostrando que sigue siendo imprescindible recabar de quienes van a operar en un edificio un trabajo de síntesis y comprensión del mismo.

Dentro del manoseado repertorio de términos con el que la restauración del patrimonio busca comparaciones, a veces equívocas, con la medicina, hay uno que es especialmente apropiado cuando se pretende buscar utilidad a la historia de la construcción. Se trata de la *Anamnesis*. No la hemos oído en el ambulatorio, ni ningún arquitecto ha sido lo suficientemente pedante como para incluirla en la memoria de un proyecto de restauración.

Sin embargo, la expresión «historial clínico» sí que nos suena a todos, ya que es lo primero con lo que aburren a cualquier paciente antes de ser atendido, y que coincide con la definición de la Real Academia de la Lengua. Según Rocchi (Rocchi 1985) la anamnesis es la búsqueda de las restauraciones previas y la reconstrucción —virtual— de todo aquello

que ha ocurrido en un edificio y que ha precedido y derivado en la situación actual. Rocchi agrega que, salvo los datos arqueológicos, «todo ha sufrido alteraciones a lo largo del tiempo y que sería ingenuo creer que un edificio se mantiene exactamente igual que cuando fue erigido, tanto si es medieval como si se trata de una obra de Le Corbusier».

Caballero (Caballero Zoreda 2000) ya llamó la atención sobre las posibilidades de la arqueología de la arquitectura en la identificación de las etapas en las que se ha producido destrucción parcial o total de una edificación. Dentro de cada unidad estratigráfica es posible incluir información sobre la presencia de aspectos relacionados con el deterioro: inclinación, desplazamiento, asiento, fisuras o grietas.

Pero estos datos deben ser interpretados por quienes, en cada caso, pueden dar una explicación plausible a dichos signos de deterioro. O al revés, la hipótesis sobre las causas de una ruina histórica puede ayudar a explicar una sucesión cronológica y a dar sentido a la presencia de cortes, superposiciones o hiatos que se reseñan en los análisis estratigráficos pero que muchas veces no son debidamente interpretados.

Las irregularidades de las fábricas, las fisuras o las grietas son depositarias de una información que, debidamente relacionada con la secuencia estratigráfica, permite no solo enunciar un evento ruinoso del pasado, sino también describir el mecanismo de dicha ruina e identificarlo como un hecho del pasado, y no como un proceso activo del presente. Esta última cuestión no es desdeñable, dado que la ignorancia sobre el funcionamiento de las fábricas da lugar, en muchas ocasiones, a interpretar como alarmantes determinadas señales de presunta ruina en muros y bóvedas.

La conjetura previa permite enunciar una «historia de las cargas» para cada edificio, una interpretación estática de la gravedad de los movimientos ocurridos en el pasado, y de sus casi siempre escasas consecuencias para el presente. Esta aplicación del análisis estratigráfico, debidamente interpretado, ya había sido señalada por Parenti, a propósito de los sismos. Sería impensable que no recogiéramos las marcas de cantero en el estudio de un alzado medieval. Otro tanto podemos decir de la historia de las cargas.

En 1994, el arquitecto Fernando Aguerri (Aguerri 1994) describe con sencillez los movimientos ocurridos en las naves laterales y principal de la iglesia del Monasterio de Santa María de Huerta, apoyándose en fuentes documentales y en las conclusiones de los estudios históricos sobre la evolución que había sufrido el monumento desde su fundación. Es interesante señalar que el análisis de Aguerri da explicación a lo ocurrido en el pasado, y también a las lesiones del momento en el que él opera, sin necesidad de precisión en los números. Se trata de un esquema de estática gráfica, suficiente a todos los efectos.

Cualquier trabajo de arqueología de la arquitectura en Santa María de Huerta, debe incorporar esta hipótesis a sus unidades estratigráficas y, en todo caso, a sus conclusiones. No siempre ocurre así, ya que hemos constatado que muchos trabajos de lectura de muros adolecen de la falta de explicaciones a las interrogantes planteadas no solo por las anomalías temporales que se detectan, sino por las fases de construcción y destrucción que se producen y que se evidencian en los hiatos, cortes y giros a que Caballero se refería en 1997 (Caballero Zoreda 2000).

En el excelente análisis que Murillo y Utrero (Murillo 2008) hacen de la iglesia de Santiago del Burgo, en Zamora, se identifican con precisión las partes de la cabecera del edificio que son reconstruidas entre el final del siglo XIX y el comienzo del XX, así como las piezas de reparación con las que, en su momento, se evitó la repetición de nuevos problemas en la fábrica.

Queda por investigar cual fue el mecanismo de ruina, cuyo origen parece que estuvo en el pilar más oriental de la arquería sur, según apunta el estudio. Desconocemos la presencia de grietas o discontinuidades que lo confirmen, y tampoco disponemos de una evaluación de las cargas que estuvieron presentes en el momento del colapso.

En otro trabajo de los mismos autores, de igual rigor y calidad que el de Zamora, sobre la Basílica de San Isidoro en León (Murillo 2011), se hace alusión a la ruina parcial de la fábrica en el sector occidental del edificio románico, en el denominado periodo IIb de la evolución del monumento. Murillo y Utrera enuncian hipótesis válidas para dar explicación a estos movimientos, y también a otros presentes en las bóvedas y muros de San Isidoro, incluso hasta nuestros días. Parece, desde el punto de vista del método, el momento oportuno de introducir análisis de estática gráfica para enriquecer la investigación, o de explorar el verdadero y discutible grado de participa-

ción que el terreno o los llamados asientos diferenciales tienen realmente en el giro o vuelco de las fábricas.

El corte estratigráfico más frecuente y evidente en edificios de origen medieval es el que aparece en los alzados que han sufrido un incremento de altura en el siglo XVI o posteriores. Las fábricas que han sufrido este tipo de superposición están asociadas a problemas endémicos en el conjunto del edificio del que forman parte, que no se suelen analizar desde el punto de vista estático, con hipótesis de carga para los diferentes momentos de su vida estructural, o análisis de la composición de los muros y cimientos.

El caso del claustro de la Colegiata de Santa María de Valpuesta, en la provincia de Burgos, en proceso de investigación y restauración actualmente, puede dar una pauta de cómo la arqueología de la arquitectura puede situar sus aplicaciones más allá de la pura datación cronológica. En esta ocasión la conjetura previa y el análisis riguroso (Fortea 2011) del comportamiento estructural de las pilas que reciben el empuje de las bóvedas ha proporcionado pautas para el análisis que van a desarrollar a continuación los historiadores.

Como en el caso ya citado de Santa María de Huerta, la historia de las cargas que soportaron las bóvedas y estribos de Valpuesta es esencial para entender el comportamiento actual de la estructura y su estado de agrietamiento. Pero al mismo tiempo, el mapa de grietas que se reflejarán en el análisis estratigráfico orientará la búsqueda hacia la anterior existencia de cuerpos de fábrica en la planta superior, y a un determinado mecanismo de ruina que podrá ser comprobado y reproducido en modelos virtuales.

Conviene destacar que, en este caso, tanto uno como otro análisis contribuirán a serenar el estado de

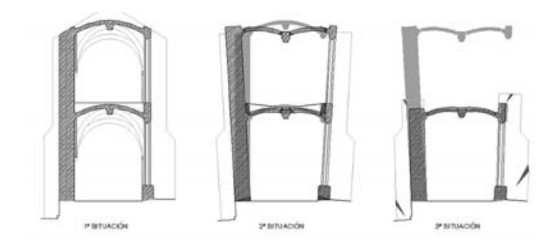


Figura 1
Histórico del estado de cargas del claustro de la Colegida de Santa Maria de Valpuesta-Berberana (Burgos)



Figura 2
Fotografía del claustro de la Colegida de Santa Maria de Valpuesta-Berberana (Burgos)

alarma provocado en su día por las deformaciones de la fábrica, y a evitar actuaciones drásticas en lo que concierne a la consolidación de la misma. Una observación detenida de los estribos del claustro de San Zoilo en Carrión de los Condes nos muestra que esta duda ya la tuvieron quienes procedieron a la reparación de la base de las pilas, que seguramente presentaban giros y agrietamientos similares a los de Valpuesta.

El análisis comparado concierne no solo a las tipologías edificatorias, sino también a los mapas de fisuración que aparecen distintos en monumentos que responden al mismo tipo estructural. El caso más evidente y que hasta la fecha no ha sido analizado en conjunto, es el de la grieta que discurre por las enjutas del tramo situado a los pies de las catedrales de Astorga, Palencia, Salamanca o Segovia –por solo citar cuatro ejemplos.

La incorporación de una historia de las cargas a las lecturas de paramentos, allí donde los cortes bruscos

en la evolución de los edificios merecen ser explicados, no solo contribuye a enriquecer ese enorme banco de datos que cualquier edificio constituye, sino también de recabar una mayor implicación de los arquitectos en la interpretación y solución de las incógnitas que el patrimonio construido ofrecen.

Notas

1. En realidad, la arqueología de la arquitectura se apoya en tres tipos de estudios: el análisis estratigráfico (basado en la secuencia temporal planteada por Harris), el tipológico, y los analíticos y documentales.

Lista de referencias

Aguerri, F. (1994). *Memoria del proyecto de restauración del coro de la iglesia del Monasterio de Santa María de Huerta.* Zaragoza: encargado por la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León.

Caballero Zoreda, L. (2000). «Posibilidades de la arqueología de la arquitectura». *Actas del III Congreso de Historia de la Construcción.* Sevilla: Instituto Juan de Herera.

Fortea, M. (2011). *Análisis del comportamiento estructural del claustro de la Colegiata de Santa María de Valpuesta.* Zafra (Badajoz): Trabajo elaborado por encargo de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León, y el Arzobispado de Burgos.

Francovich R., Parenti R. (coords.). 1988. *Archeologia e Restauro dei monumenti. I ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia. Certosa di Pontignano (Siena) 28 settembre-10 ottobre 1987.* Florencia.

Murillo, J. y. (2008). *Iglesia de Santiago del Burgo, Zamora. Lectura de paramentos.* Valladolid: Consejeria de Cultiura y Turismo.

Murillo, J. y. (2011). *Lectura de paramentos de la Basílica de la Real Colegiata de San Isidoro.* Madrid: Trabajo elaborado por encargo de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León.

Parenti, R. (1995). *Historia, importancia y aplicaciones del método de lectura de paramentos. Informes de la Construcción, Nº 431.* Madrid: Instituto Eduardo Torroja.

Rocchi, G. (1985). *Istituzioni de Restauro dei Beni Architettonici e Ambientali.* Milán: Hoepli.

Flores en los techos de Galicia: la tracería de las bóvedas nervadas

Manuel J. Freire Tellado

Producir el extrañamiento y reflejar una de las características de las tracerías gallegas, como es su marcada inspiración naturalista centrada en motivos vegetales son dos de las ideas que subyacen en el título.

El siguiente aspecto a subrayar es el empleo del término «bóvedas nervadas» en lugar de los más comunes de «bóvedas góticas», «bóvedas de crucería» o «bóvedas tardogóticas». Es claro que el término escogido es un término más amplio, que corresponde con un tipo de bóveda particular en el que el protagonista del resultado final es el nervio: así el tipo incluye también soluciones clasicistas como la bóveda de casetones —o enrejada. Este enfoque centra el estudio en la configuración tipológica de las bóvedas en vez de cuestiones temas estilísticas.

No cabe duda que la bóveda nervada con ojivos y terceletes fue una solución de éxito que pervivió en el tiempo. Prueba de ello fue empleo en un caso tan singular como la renacentista Catedral de Granada, y, a nivel gallego los ejemplos de su uso durante los siglos XVII y XVIII: el último tramo de la iglesia del Monasterio de Samos (Lugo) presenta bóveda nervada con doble tercelete que está datada en el siglo XVIII.

De hecho se pueden citar ejemplos de claustros renacentistas cubiertos con bóvedas nervadas que inducen a pensar en la adaptación del tipo constructivo —en este caso, la bóveda de 5 claves, con ojivos, terceletes y ligaduras centrales— a los dictados estéticos del gusto del momento: en el ala este del Claustro Viejo del Monasterio de Celanova (Fray Juan de Badajoz, ca. 1550), se emplean formeros de medio punto, los exteriores abocinados, que reciben una plementería de una bóveda de 5 claves transversalmente cupulada; en el Claustro de las Procesiones del Monasterio de Poio los formeros y perpiaños son de medio punto obligando a unos ojivos carpaneles frente a lo que se desprendería de la estricta aplicación de la racionalidad constructiva.

En lo tocante al protagonismo del nervio es evidente su repercusión en la percepción final de la bóveda, sin olvidar que éste es siempre relevante en el comportamiento mecánico cuanto menos durante la fase de construcción, como soporte inicial sobre el que tender la plementería: las imágenes del (re)montaje de las bóvedas de Sobrado dos Monxes dirigidas por Pons-Sorolla (Castro 2009) resultan irrefutables.

Es conocido el debate acerca del funcionamiento estructural de estas bóvedas una vez terminadas, sobre si su sistema resistente se basa en los nervios o en la superficie de plementería, y las opiniones encontradas que se produjeron. Existen evidencias que avalan ambos sistemas de funcionamiento: si los defensores de la resistencia como superficie recurren a las imágenes de las bóvedas góticas francesas bombardeadas durante la Segunda Guerra Mundial, que se mantuvieron en pie pese a la desaparición de los nervios, y a nivel local se puede citar el caso de la desaparición de medio ojivo en una de las pequeñas bóvedas de la Iglesia del Monasterio de Carboeiro; en sentido contrario existe constancia de bóvedas en pie pese a la pérdida —total o parcial— de su ple-

mentería y, sobre todo, ejemplos construidos tan maravillosos como el Cimborrio de la Catedral de Burgos y Capilla del Condestable, bóvedas caladas ambas soportadas exclusivamente por las nervaduras.

Los estudios de patología de estas bóvedas soportan ambas teorías. Se ha podido constatar la existencia de grietas de Sabouret en bóvedas de crucería acordes con el estudio clásico de Paul Abraham (Heyman, 1995) —estudio que los constructores del Monasterio de San Diego de Canedo ponen de relieve en la forma en que colocan la plementería—, así como de sus primas, las grietas de independencia en bóvedas de crucería peraltadas, de acuerdo con la terminología acuñada por Fortea y López (2000), tipos de grietas ambos que avalan el funcionamiento de la bóveda como superficie continua; pero también multitud de casos de rotura de plementerías por flexión en una posición próxima a la que ocuparían los terceletes, lo cual apunta al funcionamiento en base a los nervios.

De todas formas, el debate resulta un poco bizantino. El Principio del Trabajo Mínimo aclara que toda estructura adoptará —siempre que sus soluciones constructivas lo permitan— la configuración resistente que desarrolle el menor trabajo; admitiendo que la flecha de la estructura es indicativa del trabajo desarrollado, ello lleva a señalar que las bóvedas funcionaran como superficies si ello es admisible, pero que mudarán su comportamiento a arco en caso de imposibilidad o mayores exigencias resistentes. Esta capacidad de adaptación mecánica lleva a Heyman (1995) a hablar de las bóvedas «de goma» medievales por oposición a las indeformables bóvedas romanas.

Dicho lo anterior, no se puede olvidar que Arcos y Bóvedas son estructuras que trabajan en función de su forma («estructuras de forma activa»), por lo que la definición de ésta será un parámetro fundamental a la hora de conocer su comportamiento.

En múltiples ocasiones se ha justificado la aparición del tercelete como solución para resolver los problemas de rotura de la plementería que se producen en las bóvedas cuatripartitas. Ello puede ser cierto no tanto por las dimensiones de la bóveda sino por la forma de trabajo de la plementería —trabajo en flexión—, dado que se han comprobado roturas de este tipo en bóvedas de pequeñas dimensiones. De todas formas, su empleo sistemático, incluso en bóvedas de pequeñas dimensiones (caso de Acibeiro o algunas bóvedas de la Catedral Santiago) apuntan a la aparición de una componente estética en su empleo.

Construcción de las bóvedas nervadas

Una de las primeras cuestiones que aprecia el espectador son las diferencias dimensionales de los nervios que se emplean en las distintas realizaciones. Esta diferencia en las dimensiones de la sección transversal de los nervios se suele corresponder con formas distintas de aparejar la bóveda, respondiendo normalmente a etapas cronológicas diferentes.

Existe una primera solución constructiva —que además suele corresponder con las bóvedas más antiguas— en la que gruesos plementos se apoyan sin solución de continuidad sobre el trasdós plano de los nervios que conforman la bóveda, confiando al rozamiento y a la contacto entre las piezas de la plementería el funcionamiento estructural de la bóveda. Esto es observable en las imágenes de la rehabilitación del Monasterio de Sobrado dos Monxes acometida por Pons-Sorolla (Castro 2009)

Una segunda solución es aquella en la que el trasdós de los nervios y claves se labra dándole forma de T invertida, creando unos rebajes para el apoyo de la plementería, que queda encastrada dentro de estos rebajes y la parte del nervio que se prolonga hacia arriba, llamada cola o espiga. En este caso la plementería puede ser de menor espesor, al tiempo que la parte vista del nervio se reduce como consecuencia de la recepción de los plementos a media altura (Rabasa 1996; Palacios 2009). En el Museo de la Piedra del Monasterio de Oseira se exhiben dovelas, claves de bóvedas y canalizaciones aparecidas durante la rehabilitación del edificio y que no han podido ser reubicadas. Estas piezas corresponden a las distintas fases constructivas del edificio, medievales, renacentistas y barrocas. Además de disfrutar de los maravillosos sistemas de tubería de granito, se pueden medir las dimensiones de las piezas —desconociendo eso sí su ubicación— con resultados de unos 40 cm con 10 de rebajo para lo que se supuso eran claves secundarias y de 62 cm con 13 de rebaje y 18 de pinjante para las claves principales.

Finalmente existen situaciones intermedias, que muy probablemente fuesen las más extendidas. En la recolocación de las bóvedas de 5 claves del Claustro

Reglar (1611-1783) del Monasterio de Monfero llevada a cabo por Pons-Sorolla (Castro 2009; López Collado 1985) se puede apreciar cómo la parte central de la bóveda, que es prácticamente plana, se construye con plementería encajada entre las colas de claves y nervios, mientras que la parte inferior de los nervios —que conforman los senos de la bóveda y destinada a recibir el relleno— se ejecuta con plementos directamente apoyados sobre nervios con trasdós plano, que están aún sin colocar en parte de las bóvedas, y ello con un colocando exclusivamente un puntal bajo la clave. Todo ello se rellena hasta cota de pavimento para apoyar un solado de losas de piedra. Bien es cierto que, en este caso, la colocación de la plementería superior es necesaria para la estabilización de la bóveda, al menos en el sentido transversal: la sustitución del nervio de ligadura transversal por dos combados, incapaces de soportar el axil de compresión de los terceletes obliga a que sea la plementería quien realice esta función.

La forma de la bóveda. Condicionantes

Quizás en su origen la bóveda de crucería naciese sin una forma a priori, con una forma que fuese el resultado del relleno con plementos de los espacios definidos por los arcos ojivos, perpiaños y formeros. Pero en las bóvedas nervadas aquí estudiadas esta idea no puede mantenerse: además de las razones aducidas por Palacios (2009, 17), razones de ejecución obligan a una concepción previa: por ejemplo, el dibujo de los combados afecta a las soluciones constructivas de los arcos principales, como puede comprobarse en los puntos de entrega de los combados, que exigen la labra de la dovela afectada teniendo en cuenta la traza y posición espacial del nervio a recibir.

Las modificaciones inducidas por el dibujo de los combados pueden llegar a afectar al trazado general de la bóveda, a los arcos principales de ésta. Se puede constatar cómo el desarrollo de ciertos dibujos de tracería sólo puede plantearse con una separación entre arcos principales suficiente. Un buen ejemplo lo tenemos en las bóvedas de la nave de la Iglesia de San Vicente del Pino en Monforte de Lemos, Lugo, resueltas todas ellas con un cuadrilóbulo geométrico con círculo interior. Sin embargo, la bóveda del sotocoro, situada bajo una de ellas, está resuelta con dobles terceletes en sentido transversal debido a la proporción del tramo que cubre. Este hecho induce a pensar que la decisión de disponer uno o dos terceletes dependió de la tracería prevista para la bóveda.

En el dibujo de la bóveda de la iglesia anterior se aprecia que el acuerdo entre los nervios es diferente si se trata de ojivos o combados: en el caso de ojivo, los combados arrancan tangentes desde la clave pero manteniendo el grueso del ojivo —ejes no coincidentes— mientras que en el resto de los casos se produce acuerdo de los ejes.

Algo parecido se puede decir de la influencia de la traza de la bóveda sobre la plementería. Sirva como ejemplo la bóveda del zaguán del Monasterio de San Estebo de Ribas do Sil. Se trata de una bóveda de de crucería con terceletes en ambas direcciones sobre planta rectangular, con nervios de tracería que forma un rombo entre claves de tercelete y sin ligaduras, con 1+8 claves labradas. Los arcos ojivos y los de borde —formeros todos— son aparentemente de medio punto: sólo los terceletes son apuntados. La parte central de la bóveda es casi plana, cayendo abruptamente el rampante desde el tercelete. Es la cuidada ejecución de una plementería a la francesa perimetral —la situada entre terceletes y formeros— la que permite el acuerdo geométrico de la bóveda (el resto de la plementería se resuelve con piezas trapeciales, convencionales).

Existen soluciones atípicas que podrían ser justificadas por cambios de diseño durante la fase de construcción. Así, en la bóveda del crucero de la Iglesia del Monasterio de Melón, el ojivo y el combado llegan hasta la clave como nervios independientes —usualmente se reúnen en una dovela única— lo que parece indicar que los combados fueron incluidos en un momento posterior al de la concepción de la bóveda —se trata de una bóveda de crucería con terceletes, con tracería formada por un cuadrifolio con remate conopial quebrado acompañado de círculo interior y arcos de ligadura entre claves de tercelete. 21 claves distribuidas en 4 tamaños.

Bóvedas nervadas sobre cuatro apoyos con ojivos y con terceletes

Este es sin duda el tipo más extendido de lo que se suele llamar bóveda tardogótica, y en el que se concentran el mayor número de variantes de tracería. Si

bien la clasificación exhaustiva del tipo muestra una notable cantidad de variantes, el subgrupo principal es el formado por las bóvedas que emplean ojivos y terceletes en ambas direcciones.

El tipo más sencillo de esta bóveda es la que combina terceletes únicamente con nervios de ligadura. Los nervios de ligadura en el centro de la bóveda, entre claves de terceletes, son una necesidad mecánica para equilibrar la proyección horizontal del empuje de los terceletes, pero la prolongación de estos nervios entre la clave de terceletes y el borde de la bóveda prácticamente está libre de requerimientos mecánicos, especialmente si la bóveda no es de rampante llano. La exposición anterior explica la patología asociada a desprendimientos de este tipo de nervios entre los terceletes y el perímetro de la bóveda. Por ello este grupo se ha clasificado en bóvedas con nervios de ligadura entre claves de terceletes (5 claves) —con rampante llano, ábside de Torbeo, con rampante curvo ábside de Santa Mariña D'Ozó en Cambados y Capilla dedicada a Nuestra Señora del Amparo y a San Jerónimo de San Miguel dos Agros en Santiago de Compostela— y bóvedas con ligadura completa, con ejemplos como la Capilla del Cristo en el Monasterio de Poio o el Claustro Gótico del Monasterio de Samos —rampante llano— o el Claustro del Monasterio de Celanova —alas N, S y O-. Por supuesto que también hay situaciones intermedias, con ligadura corrida longitudinal y transversal sólo entre claves de terceletes, como ocurre en el ala E del Monasterio de Celanova o en las alas N, S y O del Monasterio de Poio.

En este tipo de bóvedas existe una variante en la que las ligaduras se sustituyen por combados dobles vinculados constructivamente a la plementería —como se ha analizado anteriormente—, y que dan como resultado un cuadrifolio dibujado entre las claves de terceletes, una flor de cuatro pétalos.

Así, en el caso de las bóvedas del Claustro Reglar del Monasterio de Monfero la sustitución de ligaduras por combados dobles se realiza en dirección la transversal, mientras que longitudinalmente a los combados dobles se añade el nervio de ligadura. En las bóvedas del lateral del Sotocoro de la Iglesia del Monasteiro de Oia la sustitución se realiza en ambas direcciones. En ambas bóvedas no existe ligazón entre las claves de terceletes y el perímetro de la bóveda y, quedando definida la traza en planta de los combados por un sector angular de entre 90º y 120º.

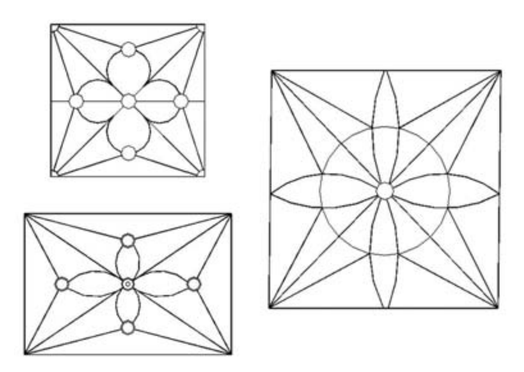


Figura 1
Bóveda del Claustro Reglar del Monasterio de Monfero (arriba izq), bóveda de la nave lateral del Coro Alto de la Iglesia del Monasteiro de Oia (abajo izq) y del cimborrio de la Catedral de Tui

Esta sustitución de la ligadura por dobles combados se da también en una dirección en uno de los sentidos de la bóveda del Refectorio del Monasterio de Oseira, y, fuera del grupo de bóvedas sobre 4 apoyos, en la bóveda de la Escalera de los Obispos de este mismo monasterio, si bien estas bóvedas son más complejas y obligan a una revisión posterior. También en las bóvedas del Refectorio del Monasterio de Oia se produce el empleo de combados dobles en lugar de ligaduras en ambas direcciones, pero en este caso los combados tienen unos ángulos de apertura mucho mayores, aproximándose el resultado a una circunferencia. En sentido longitudinal las claves de terceletes están enlazadas con los perpiaños mediante combados dibujando círculos, solución que recuerda a la empleada en la bóveda del coro alto del Monasterio de Oseira.

Pero sin duda el grupo descollante es el formado por las bóvedas que además de ojivos y terceletes, cuentan con nervios de ligadura y de tracería. El diseño de la tracería es variado, escaseando la de motivos geométricos, pero destacan por su abundancia, los diseños basados en cuatro lóbulos, los cuadrilóbulos. Muchas veces se tiende a designar a estas bóvedas como bóvedas de estrella, y, aunque en sentido amplio sí lo sean —estrellas de 4 puntas—, parece un calificativo algo equívoco.

En estas líneas se asigna significados diferentes a los adjetivos cuadrilóbulo y cuadrifolio, reservando

este segundo para aquellos cuadrilóbulos con una formalización de carácter naturalista, por analogía con cuatro hojas o cuatro pétalos.

Cuadrifolios

El cuadrifolio es una tracería curva —convexa hacia el exterior de la bóveda— que une los ojivos con las claves de las nervaduras perimetrales. Los arranques suelen producirse en las zonas en las que las líneas —ficticias o no— que unen las claves de terceletes intersecan con los ojivos. Las intersecciones con los otros nervios se pueden resaltar colocando claves. Este trazado se ha encontrado siempre en conjunción con nervios de ligadura al menos entre la clave de bóveda y la clave de tercelete, con la excepción de la Sacristía de la Catedral de Ourense, bóveda que carece de ligaduras interiores en el cuadrifolio en dirección transversal.

El trazado en planta de estos combados suele responder a arcos de circunferencia, cuyo centro puede coincidir con la clave de tercelete —Santa María la Mayor— o estar algo desplazado, ya hacia el interior ya hacia el combado adyacente —un trazado de arco «rebajado» en planta.

No se han encontrado en Galicia combinaciones que alternen el sentido de la curvatura de los combados —cóncavos o convexos— en función de su dirección, como ocurre en la Catedral de Segovia o en el Crucero de la Catedral de Palencia.

En todos los casos gallegos, el remate es conopial y normalmente reuniendo ambos nervios en una sola pieza aunque hay casos que en los que se mantiene la independencia como en la iglesia de Guimarei-. Tampoco se han hallado situaciones en las que el combado llegue tangente al arco de perímetro, como ocurre en el caso de las Catedrales de Segovia y Palencia. El conopio varía ampliamente de extensión: en Santa María la Mayor surge muy al final del combado —apenas ocupa 25º de los 360º—, en otros casos, como en San Vicente del Pino o en la bóveda del crucero de la iglesia del Monasterio de Melón, ocupa toda la extensión entre el tercelete y los formeros; finalmente en otros casos la situación es intermedia —bóvedas de los rincones N.O. y S.O. del Claustro Viejo del Monasterio de San Salvador de Celanova-. De estos casos surgen dovelas cóncavas-convexas en planta, que ¿posteriormente? serán aplicadas en los combados interiores, como en S. Vicente del Pino. En la bóveda del zaguán del Palacio de Fonseca y en la Capilla de las Reliquias de la Catedral de Santiago el remate del cuadrilóbulo se realiza de forma diferente, disponiéndose una pareja de nervios formados por dos arcos cóncavos que se cruzan en un vértice sin relación con ningún otro nervio, y que refuerza aún más el carácter decorativo del elemento.

En bóvedas de planta rectangular, el empleo de combados circulares precisa de diversos ajustes. En caso de pequeñas diferencias de dimensión se «achata» una de las direcciones, como ocurre en las bóvedas de la nave de Santa María la Mayor de Pontevedra con respecto a la del crucero; en otros se incrementa notoriamente la curvatura de la dimensión menor —pórtico acceso a la Catedral de Lugo—, o incluso se llega a modificar el arranque del combado: en la Capilla de S. Pedro de la Catedral de Tui, los combados de la luz menor no nacen tangentes a los ojivos, sino que nace con un ángulo de unos 45º.

Este tipo de tracería se puede encontrar aislado, como ocurre en las bóvedas de la nave de Santa María la Mayor, en las bóvedas de las esquinas del ala oeste del claustro del Monasterio de Celanova o en las bóvedas centrales del Coro Alto del Monasterio de Oia —en este caso con un fuerte rampante—, pero con mayor frecuencia se encuentra combinado con otras nervaduras cuyo carácter principal es el decorativo.

Así se el puede encontrar combinado con un cuadrado interior (Iglesia de Guimarei, Lugo), con un cuadrado curvilíneo cóncavo interior (Capilla de la Iglesia de San Martín de Noia), con un círculo interior (tanto con ligadura completa, la bóveda central de la Sacristía —Sala de las Palmeras— del Monasterio de Oseira, como con ligadura incompleta, la bóveda del Zaguán del Palacio de Fonseca (Palacios 2009, 220), bóveda con un dudoso ajuste constructivo, con un óvalo interior —bóveda del primer tramo del presbiterio de Santa María de Acibeiro— o incluso, en bellísima combinación, con otro cuadrifolio interior, ya sea del mismo tipo —doble cuadrifolio: Capilla de capilla de San Pedro y San Pablo, promovida por el arcedino Pedro de Ben de la Iglesia de Santiago en Betanzos, Crucero de la Iglesia de San Estevo de Ribas do Sil— o por dos cuadrifolios diferentes, como es el caso de la elegantísima bóveda de la Sacristía del Hospital Real de Santiago, hoy Hostal de los Reyes Católicos.

En el caso de las bóvedas con dobles cuadrifolios la de Ribas do Sil es la de mayor tamaño (7,70 × 7,70) y más alta —clave a 14,50 m—; le sigue la del Hostal (6,90 × 6,97, con cave a 7,52), siendo la de Betanzos la menor (5,90 × 6,04 m, pero con clave a 9,50 m). Ésta es la única que apoya sobre 4 ménsulas —las otras dos nacen de un haz de columnillas— y también es la única con arcos triapuntados —en las otras son apuntados— y con plementería encalada — las otras dos tienen la plementería a la vista. Finalmente la de Betanzos es la que menos claves presenta (5 frente a 13 de las otras dos, que en Santiago son labradas y en Ribas do Sil son todas perforadas). En lo tocante a su despiece, los encuentros con los ojivos de los combados que definen los dos cuadrifolios está más próxima en el Hostal (confluyen en la misma dovela), intermedia en Betanzos (2 dovelas consecutivas) y más separada en Ribas do Sil, en la cual se intercala una dovela entre las correspondientes a los puntos de tangencia. San Estevo es el único caso en que para construir los remates de las hojas en conopios se emplean dovelas con doble curvatura en planta, cóncavas-convexas, mientras que en los otros dos casos todas las dovelas tienen una única curvatura en planta. En los tres casos se mantienen los arcos de ligadura entre claves de terceletes.

Un caso curioso es el de la Capilla de Mondragón de la Catedral Santiago. Ésta cuenta con una planta pentagonal, fruto del biselado de un cuadrilátero. En ella se realiza una adaptación del cuadrifolio a pentafolio, añadiendo dos «hojas» desde las claves de terceletes de los lados menores.

Otros Cuadrilóbulos

El término «cuadrilóbulo» se ha reservado en estas líneas para las composiciones de cuatro partes y aspecto menos naturalista. Las decoraciones de este tipo recuerdan —¿?— a cruces colocadas en los techos, aunque sin duda la influencia de la Cruz de Santiago y otras cruces célebres han influido en esta apreciación.

Un primer tipo es el que se ha denominado cuadrilóbulos «en Cruz Policóncava», que cuenta con combados cóncavos entre terceletes con entregas también cóncavas contra el perímetro —remate conopial—). Aislada, sin otros aditamentos, se encuentra en dos de las bóvedas de las esquinas del Claustro del Monasterio de San Salvador de Celanova. También se encuentra combinada con otros nervios de tracería que dibujan figuras interiores, con forma de círculo —ábside de la Iglesia de San Francisco de Noia— o de octógono irregular, algo alargado y ligeramente curvilíneo cóncavo, como en el caso del ábside de la Iglesia del Monasterio de Vilavella, Redondela. En este caso el octógono interior fuerza el resultado, obligando a descomponer en dos —1 por tramo entre claves— el arco de acuerdo de la cruz.

Un segundo tipo, denominado «en Cruz Flameante», está formado por combados cóncavo-convexos entre terceletes con entregas contra el perímetro cóncavas en conopia. No se ha encontrado aislado, sino combinado con círculo interior. A su vez se ha diferenciado en función del encuentro entre combados y los nervios principales —ojivos y terceletes— de la bóveda. En el primer caso, los combados resultan perpendiculares a estos nervios —bóveda de la Sacristía de la Catedral de Santiago de Compostela; Bóveda del ábside de Santiago de Pontedeume—; en el segundo, tangentes —bóveda derecha del Pórtico del Paraíso, Catedral de Ourense.

El tercer tipo es una mezcla de Cruz y Cuadrifolio: en una dirección presenta folios con remate conopial, en la otra la construcción es de tipo cruz con Combados perpendiculares a nervios. Como en el caso anterior, sólo se ha encontrado ejemplo combinado con un círculo interior —¿referencia al crismón?—, y está formado por las bóvedas de la nave de San Vicente citada.

El cuarto tipo, designado como «en Cruz Recortada», está formado por nervios de tracería formados por dos tramos cóncavos entre encuentros con nervios principales, definiendo un vértice intermedio. En Galicia la única bóveda de este tipo localizada combina la tracería descrita con un círculo interior, y es la formidable bóveda de la Capilla de las Reliquias (Juan de Álava, 1520-1535), hoy Panteón Real, de la Catedral de Santiago. Esta bóveda es también la única bóveda calada localizada en Galicia, pues por las mediciones efectuadas se ha podido comprobar que la parte central es una suerte de rosetón colocado horizontalmente. Se ignora si hubo pretensiones de darle una iluminación cenital o la intención se centraba en lograr un efecto de claroscuro.

El último tipo de este grupo, denominado como «con Decoración compuesta», actúa como cajón de sastre del tipo. En él se incluye la bóveda de la Sa-

cristía de la Colegiata de Xunqueira de Ambía, con una tracería formada por un cuadrilátero con lados den múltiple curvatura en planta y cuatro «hojas» exteriores. Esta bóveda se suele relacionar con la de la Capilla de la Trinidad de la Iglesia de Santa María la Mayor, pero realmente son tipos de bóveda diferentes, más allá de las similitudes —matizadas— que puedan existir en su decoración.

CLAVES DESDOBLADAS

Con este nombre se quiere hacer referencia a una solución con la que se consigue que los terceletes contiguos no se lleguen a unir en un punto —la clave—, creando en su lugar dos claves próximas. Estas claves normalmente —con la excepción de la bóveda del cimborrio de la Catedral de Tui— no se enlazan entre sí con nervio alguno, sino exclusivamente con la plementería

En cada clave de terceletes suelen concurrir dos terceletes y el arco de ligadura que une ésta con la clave de bóveda —nervio este último exigido por el equilibrio estático de la clave partiendo de la premisa de que los nervios únicamente pueden estar comprimidos—, mientras que el tramo de ligadura entre la clave de terceletes y el perpiaño (o formero) puede o no existir —su presencia no vienen exigida por la estática—. Evidentemente, el comportamiento mecánico mejora cuando la clave de bóveda se encuentra a mayor cota que la de terceletes, dando lugar a el arco de ligadura es inclinado o curvo en alzado —bóveda cupulada o bóveda de rampante curvo.

Con cierta frecuencia se usa el recurso de desdoblar la clave de terceletes en dos claves independientes. La estática exige a esta solución la presencia de nervios auxiliares —combados «rectos» si no fuese una contradicción— derivados de la duplicación de los nervios de ligadura, que se encarguen de equilibrar las compresiones del tercelete. Sin embargo, un croquis de la situación estática muestra que las compresiones que se ven forzados a desarrollar son de una magnitud muy considerable. Ello provoca que una solución mucho más eficaz sea el trabajo a compresión de la plementería situada entre estos nervios auxiliares, especialmente de las piezas situadas entre claves. Ello sólo será posible si estas piezas se disponen encajadas en rebajes practicados a los nervios, y no si se colocan simplemente apoyadas sobre éstos.

Una prueba de este fenómeno pudiera ser la bóveda del presbiterio de la Iglesia de San Pedro de Melide. En una de las parejas de estas claves de terceletes se observa que los nervios auxiliares no han funcionado eficazmente en el tramo entre las claves y el formero, apreciándose cómo el elemento central asume un comportamiento a compresión.

El desdoblamiento de clave puede estar acompañado de nervios rectos, o bien con pares de nervios curvos, combados, formando una especie de ojo. En ambos casos la plementería se dispone con juntas perpendiculares a la bisectriz del conjunto, esto es, a lo que sería la línea de la ligadura eliminada, hecho que sumado al anterior, lleva a suponer una construcción en la que la plementería cumple requisitos mecánicos.

Dentro del primer tipo —clave desdoblada acompañada de nervios rectos— se pueden dar situaciones en las que se mantiene el nervio de ligadura de la clave desdoblada, como ocurre en las Bóvedas de la nave central de la Catedral de Astorga, (Juan de Colonia, ca. 1470, 133), en este caso, en el sentido longitudinal de la bóveda o en la bóveda de la Capilla de la Lonja de Valencia —Juan Guas, 1484, (Gómez-Ferrer y Zaragoza, 2009)— en ambos sentidos de la bóveda. Sin embargo, no se han encontrado estas soluciones en Galicia: en los ejemplos gallegos se elimina la ligadura que pasa por la clave que se desdobla. Como referencias nacionales de esta segunda opción se pueden citar la Sacristía Mayor de la Catedral de Cuenca (ca. 1509, Palacios, 2009, 152), la Catedral de Toledo (Bóvedas del primer tramo del Presbiterio), o S. Juan de los Reyes, de Toledo. A nivel internacional, el coro de Saint Gervais de Paris, y, unido a un maravilloso pinjante, Saint Étienne de París.

Volviendo a los ejemplos gallegos, en S. Pedro de Melide las claves desdobladas se sitúan en el sentido transversal de la bóveda; en el primer tramo del presbiterio de Santa María la Mayor de Pontevedra se desdobla una clave en dirección longitudinal; en el segundo tramo del presbiterio de esta iglesia —el ábside— el desdoblamiento de claves se produce en ambas direcciones y ambos sentidos, si bien con la particularidad de que la espectacular clave de bóveda esté desplazada hacia la nave.

La Iglesia de San Pedro de Melide perteneció a un antiguo convento franciscano. La cabecera, datada en el s. XV, cuenta con una bóveda crucería con dobles

terceletes en dirección longitudinal y simples en la transversal, pero éstos con la particularidad de que fueron construidos desdoblando las claves. En total cuenta con 1+8 claves sin labrar aunque perforadas. Los nervios nacen de columnillas que se abren en haz adosadas a columnas del arco de triunfo. En planta su proporción es rectangular 6,11 × 8,43 hasta el retablo, colocándose la clave de bóveda a 9,85 m sobre el nivel del pavimento (plementería a 10,18). Rampante curvo, más pronunciado en el sentido transversal (cae 24 cm en sentido transversal, de los cuales aproximadamente 13 hasta la clave de tercelete) que en el longitudinal (cae 10 cm hasta clave de tercelete).

Santa María la Mayor presenta un impresionante conjunto de bóvedas nervadas, de las que en este caso nos fijaremos en las bóvedas del Presbiterio —Diego Gil, 1519-1520, (Fernández 2004)—, techado por dos tramos con similitudes con los ejemplos toledanos. Destaca el contraste entre los nervios pétreos con el revestimiento azul celeste de la plementería y las claves doradas.

Tras un arco triunfal cairelado aparentemente de medio punto, se coloca una bóveda nervada de planta rectangular y proporción 2:1 con dobles terceletes unidos por ligaduras transversales. La bóveda no es simétrica con respecto al eje transversal: hacia el arco de triunfo cuenta con terceletes y ligadura que confluyen en una clave de terceletes, pero hacia el ábside la clave se desdobla, los terceletes no llegan a encontrarse y quedan enlazados con nervios en V.

Separada por un arco perpiaño se encuentra la bóveda del ábside —rectangular achaflanado—. Hermosa bóveda, de proporción 3:5, basada en una disposición de los terceletes con clave duplicada. En la intersección de los dos arcos ojivos que unen los vértices de la zona rectangular se ubica una imponente clave labrada con calados, la única calada de las once de la bóveda, de las que ocho están doradas. Desde ella parten nervios diagonales que enlazan con los vértices que definen los chaflanes. El conjunto se completa con terceletes con clave desdobladas y ligaduras en <> con el muro de testa. Desde los rincones de los dos chaflanes se lanzan arcos avanzados que definen una única clave, enlazada con los nervios diagonales con combados de remate conopial.

CLAVES DESDOBLADAS CON DOBLES COMBADOS: FLORES

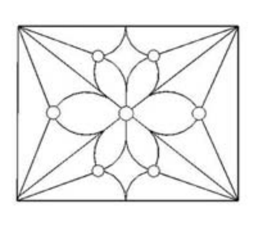
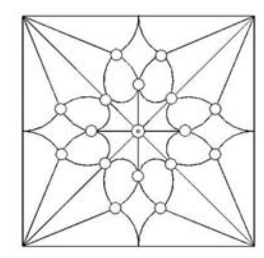



Figura 2
Bóveda del Refectorio del Monasterio de Oseira (izq) y bóveda del ábside de la Iglesia de S. Vicente do Pino (dcha)

Una segunda forma en la que se pueden enlazar estas claves desdobladas es mediante un par de dobles combados, de forma similar a como se ha expuesto en el caso de las claves de terceletes sencillas. Quizás el ejemplo en el que mejor se puede apreciar este mecanismo de trazado de bóveda es en el caso de las bóvedas del Refectorio del Monasterio de Oseira (ca. 1572, Yáñez 2008), en la que se pueden observar ambos mecanismos conjuntamente —y que desgraciadamente ha sido eliminada del itinerario de visita del monasterio. Se trata de un recinto de 8,90 × 27,33 m^2 en planta, techado por 4 tramos de bóveda iguales de proporción aproximada 4:3 separados por arcos perpiaños de medio punto y que cuenta con formeros del mismo tipo. Esta solución da origen a 4 hermosas bóvedas de 6 pétalos: en sentido transversal se observa la solución de doble combado enlazando las claves de bóveda y de tercelete, sin que exista ligadura entre la clave de tercelete y el formero; en sentido longitudinal se hace evidente el proceso de desdoblamiento de clave, el enlace de cada una de las subclaves con la clave de bóveda mediante dobles combados con forma de ojo, y, finalmente, el enlace de cada subclave con el arco perpiaño formando un remate conopial. Se disponen 1+6 claves, siendo la de bóveda pinjante con un descuelgue de unos 38 cm con respecto a los nervios, A su vez éstos descuelgan unos 27 cm con respecto a la plementería que cierra la bóveda a 10,88 m del suelo.

Relacionada con esta bóveda —quizás su precedente directo— es la bóveda de la Escaleras de los

Obispos de este mismo monasterio, datada también en el s. XVI —quizás posterior al incendio de 1552. En este caso se trata de una bóveda sobre 8 apoyos que cubre un espacio octogonal alargado gracias a las trompas aveneradas que transforman el rectángulo de 5,00 × 7,40 m^2 de la caja de escaleras. Desde los cuatro vértices centrales del octógono se lanzan nervios ojivos cuyo cruce define una potente clave de bóveda pinjante. De todos los vértices del octógono nacen terceletes que definen las ocho claves restantes, 6 las cuales —todas, salvo las situadas sobre el eje mayor— se unen a la clave de bóveda mediante un sistema de combados dobles, dando lugar a una «flor» de 6 pétalos. Las dos claves restantes se enlazan con un remate muy levemente conopial con las claves adyacentes. Este hecho hace que en determinadas perspectivas pueda parecer que los extremos de la bóveda están resueltos con su sistema de arcos cruzados, dentro de la tradición de cúpulas islámicas.

Un paso más en complejidad se da en la Bóveda del presbiterio de la Iglesia de San Vicente del Pino —en el contrafuerte S.O. del crucero figura una inscripción que señala el inicio en 1539. Se trata de una bóveda de proporción cuadrada —comprobada en la restitución fotográfica dada la imposibilidad de medir la profundidad con exactitud por la presencia del retablo: la medición arrojó 9,33 × 6,96 hasta el retablo con la clave cerrando a 15,44 m—, con ojivos, terceletes en ambas direcciones dispuestos según la bisectriz, ligaduras centrales y combados. Las claves de los terceletes han sido desdobladas en 3 creando un acuerdo curvo. 17 claves (1+16), con la clave de bóveda perforada y resto labradas. La corona de claves centrales forma un octógono curvilíneo que se decora con combaduras entre ojivos en forma de corazón.

Desde el nivel del suelo se percibe como una flor de 8 pétalos (recordando sala capitular Oseira) mientras que su dibujo quizás recuerde más a un cuadrifolio conopial completado con óvalos interiores. Los nervios de esta bóveda son más gruesos que los de las bóvedas de la nave contigua. También la bóveda tiene una apariencia más naturalista que el resto.

La bóveda es de rampante curvo en ambas direcciones con caídas de 50 cm en dirección transversal y de 60-70 cm en la longitudinal, con descuelgues de nervio de unos 30 cm.

En el dibujo se aprecia que el acuerdo entre los nervios es diferente si se trata de ojivos o combados: en el caso de ojivo, los combados arrancan tangentes desde la clave pero manteniendo el grueso del ojivo —jes no coincidentes— mientras que en el resto de los casos se produce acuerdo de los ejes-.

El análisis constructivo muestra la relación en la configuración con los ejemplos anteriores: con planta cuadrada, mayor número de claves y añadiendo algunos combados, parte del esquema de combados y claves separadas presentes en las bóvedas de Oseira. A nivel nacional quizás su traza se pueda relacionar también con la bóveda del crucero Catedral de Palencia —Simón de Colonia, 1497, (Palacios 2009, 156)-, aunque, como en el caso anterior, la tracería sea más sencilla que la de Monforte.

En todas las bóvedas anteriores el sistema de combados dobles parte de una posición interior a la bóveda, relacionada con la posición de clave de terceletes. Pero también hay casos en los que el trazado de los dobles combados alcanza el perímetro de la bóveda, en sustitución del sistema de nervios rectos en <>. Es el caso de la Bóveda del cimborrio de la Catedral de Tui (según Wikipedia, rehecho por el obispo Diego de Avellaneda en el año 1530): el rasgo que singulariza esta bóveda es que la pareja de combados que sustituye a la ligadura lo hace no desde una posición interior relacionada con la clave de terceletes, sino en toda la dimensión de la bóveda: el dibujo de los combados dobles parece una opción previa al diseño de los terceletes en el trazado de la bóveda.

Se trata de una bóveda nervada de 6,40 × 6,10.m^2 compuesta por ojivos, terceletes y combados —unos que sustituyen a las ligaduras y otros que definen una decoración circular— que arranca de ménsulas con forma general de flor de cuatro hojas. Bóveda por ojivos, en la que las unas teóricas ligaduras que unirían la clave de bóveda con el perímetro de esta son sustituidas una pareja de combados con forma de ojo y plementería. Debido a esto los terceletes no se llegan a encontrarse, sino que se interrumpen en su encuentro con los combados anteriores —definiendo claves desdobladas—: los arcos de ligadura se sustituyen por dos nervios combados que dibujan un ojo y que dan lugar a los cuatro pétalos de la flor. Cuenta además con una decoración con un círculo que enlaza todas las claves secundarias, con lo cual las claves dobles se encuentran enlazadas, mejorando su comportamiento mecánico. Una clave principal policromada —clave de bóveda—, colocada a 22,90 m del suelo (a 23,15 m la plementería) y 12 claves secundarias.

Una solución relacionada es la que presenta una de las capillas de Santa María de Finisterre. Se trata de una bóveda de ojivos con un cuadrifolio —en el que los remates contra el perímetro mantiene los dos nervios separados, pero sin terceletes ni ligaduras. Frente al caso anterior, los combados no llegan a la clave de bóveda. La plementería se apareja de con juntas perpendiculares a los ejes de las bóvedas entre combados y con juntas perpendiculares a las bisectrices sobre los ojivos. (VVAA. 1986, 97).

Lista de Referencias

Castro Fernández, B. Mª (comisaria). 2009. *Exposición Os «náufragos» de Galicia. A labor do arquitecto Francisco Pons-Sorolla*. Xunta de Galicia-U.S.C.

Fernández Rodríguez, Begoña. 2004. *Santa María la Mayor. Una iglesia parroquial*. Xunta de Galicia.

Franco Taboada, J.A. Tarrio Carrodeguas, S.B. (dirs.). 1999. *Las Catedrales de Galicia. Descripción gráfica*. Departamento de Representación y Teoría Arquitectónicas (RyTA). U.d.C., Xunta de Galicia.

Franco Taboada, J.A. Tarrio Carrodeguas, S.B. (dirs.). 2002. *Monasterios y Conventos de Galicia. Descripción gráfica de los declarados monumentos.* Departamento de Representación y Teoría Arquitectónicas (RyTA). U.d.C., Xunta de Galicia.

Fortea Luna, M.; López Bernal, V. 2000. «Patología de bóvedas de doble curvatura». En *Actas del 3ª Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, U. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU

Gómez-Ferrer Lozano, M.; Zaragozá Catalán, A. 2009. *La Lonja De Los Mercaderes*. http://www.gothicmed.es/

González, Miguel A.; Yáñez, Fray Damián. 2008. *Santa María la Real de Oseira. Guía del Monasterio.* Edilesa.

Heyman, J. 1995. *Teoría, historia y Restauración de Estructuras de Fábrica*. Madrid: CEHOPU-Instituto Juan de Herrera-CEDEX.

López Collado, G. [1976] 1985. *Ruinas en Construcciones antiguas. Causas, consolidaciones y traslados*. Ávila: Miján Artes Gráficas

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La Cantería Medieval. La Construcción de la bóveda gótica española*. Madrid: Munilla-Lería.

Rabasa Díaz, E. 1996. «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI». En *Actas del 1º Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Juan de Herrera, CEHOPU.

Rodríguez Liñán, C.; Gómez de Cózar, J.C.; Rubio de Hita, P. 1998. «Nervaduras, plementos, témpanos y plegaduras. Bóvedas resistentes y elementos decorativos». En *Actas del 2º Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, UdC., CEHOPU.

VVAA 1986. *Arquitectura Gótica en Galicia. Los templos: catálogo gráfico*. Departamento de Representación y Teoría Arquitectónicas. Vigo: ETSA A Coruña, C.O.A. Galicia, U.S.C.

Forma, construcción y estabilidad del cimborrio de la Seo de Zaragoza

Paula Fuentes
Javier Ibáñez
Luis Franco
Mariano Pemán
Santiago Huerta

Las obras de ampliación emprendidas en la catedral de Zaragoza en 1490 provocaron graves problemas estructurales a la vieja fábrica medieval. De hecho, la bóveda del segundo tramo de la antigua nave del Evangelio y uno de los pilares sobre los que se volteaba —aquel del que arrancaba el coro—, se vinieron abajo a comienzos de febrero de 1498, comprometiendo la supervivencia del cimborrio levantado por Mahoma Rami sobre la encrucijada del transepto entre 1403 y 1409. Las autoridades eclesiásticas convocaron una junta de maestros en 1500, y los profesionales reunidos, entre los que pudo encontrarse Enrique Egas, acordaron derribar el viejo cimborrio medieval. Sin embargo, el cimborrio no se tocó hasta comienzos del mes de noviembre de 1504, cuando Enrique Egas acudió a Zaragoza para ejecutar las decisiones tomadas en la reunión de maestros celebrada cuatro años antes.

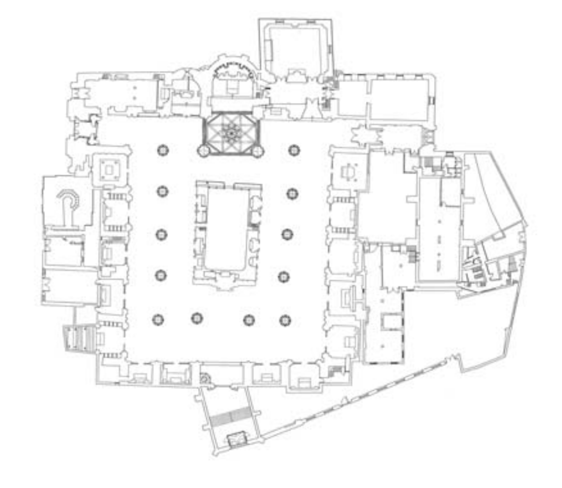


Figura 1
Planta de la Seo (dibujo de Francisco Fes)

Una vez acometidas, el maestro tuvo que abandonar Zaragoza para cumplir con sus compromisos profesionales con Fernando el Católico. No obstante, las obras siguieron su curso sin demasiadas complicaciones, lo que nos inclina a pensar que pudo dejar sentadas las bases para la construcción del nuevo lucernario. En todo caso, conviene advertir que su materialización última recaería en las manos de Juan Lucas Botero el Viejo, que lograría ejecutarlo desde la tradición constructiva local que utilizaba la rejola y el aljez —el ladrillo y el yeso— como materiales constructivos básicos, apoyándose en su propia experiencia profesional, en los consejos aportados por otros colegas consultados en algunos momentos puntuales, pero también, en la observación y en la experimentación, que le llevarían a desarrollar una imaginativa —e inédita— solución estructural basada en la superposición de dos redes de arcos entrecruzados, que no se ultimaría hasta 1520.

Por todo ello, el cimborrio de la catedral de Zaragoza reflejaría la fusión de la larga tradición europea en la elevación de estructuras turriculares sobre los cruceros de los templos, que había sido reintroducida

en la Península Ibérica por maestros formados en el corazón del viejo continente como Simón de Colonia o Juan Guas, y que sería desarrollada por otros profesionales, como los hermanos Antón y Enrique Egas; con la tradición islámica, cuya huella cabría buscarla en la geometría —la scientia—, pero, sobre todo, en el ars, esto es, en la praxis constructiva, en la manera en la que se realizaron los trabajos y logró materializarse el proyecto (Ibáñez Fernández 2006; así como las revisiones planteadas en Ibáñez Fernández, 2009, e Ibáñez Fernández 2010). De este modo, tal y como ya señalara Lambert (1926), el cimborrio zaragozano y sus herederos inmediatos, los de las catedrales de Teruel y Tarazona, constituirían «la création la plus curieusement original de l'art hispanique, en la que s'est trouvée réalisée pour la dernière fois sous sa forme la plus complète cette synthèse de l'art chrétien occidental et de l'art islamique».

La traza de arcos entrecruzados del cimborrio es similar a las de la maqsura de la mezquita de Córdoba, aunque en este caso la planta es rectangular. El tambor octogonal, se cubre con una bóveda con ocho arcos apuntados que parten de los ángulos, dibujando otro octógono central en el que se eleva una linterna (figura 2). El origen y la forma geométrica de este tipo de bóvedas ha sido estudiado recientemente por uno de los autores (Fuentes 2009, 2010).

La linterna se cierra con una estructura exterior, levantada sobre una segunda red de arcos entrecruzados (figura 3). En este caso los arcos, partiendo de los vértices del mismo octógono, sólo se saltan un vértice, de manera que se obtiene un octógono más grande que el de la primera red de arcos, y aparece una galería en la linterna. Este octógono define el giro de la linterna respecto del tambor (figura 4). Las claves colocadas en las intersecciones de los arcos evitan los complicados encuentros vistos en bóvedas anteriores.

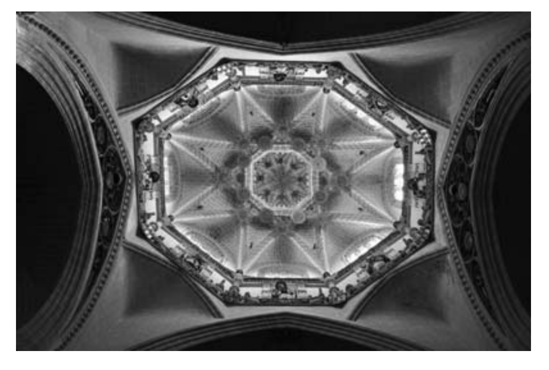


Figura 2
Vista interior del cimborrio (Foto: P. Fuentes)



Figura 3
Red superior de arcos (Foto: P. Fuentes)



Figura 4
Imagen exterior del cimborrio del Archivo Mas (Lambert 1926)

Definición de la geometría

Las tareas de restauración realizadas por los arquitectos L. Franco y M. Pemán en la Seo de Zaragoza desde 1992 han llevado a un buen conocimiento de la geometría general de la Seo de Zaragoza (Franco y Pemán, 1999, 2000). Para el presente trabajo mediciones adicionales y dibujos han sido realizados por Francisco Fes. No obstante, con vistas al análisis de la estructura del cimborrio, se han tenido que hacer algunas suposiciones sobre la geometría que se explicarán a continuación. Estas suposiciones no afectan en gran medida a los resultados del análisis, sin embargo queda pendiente realizar un estudio más exhaustivo de la geometría de los nervios de la cúpula.

La planta del cimborrio no es exactamente un rectángulo, ya que los lados no son paralelos. Para el análisis estructural se ha supuesto que la planta es un rectángulo.

Los nervios de la cúpula son arcos apuntados. La geometría de los arcos 1 (figura 6) se ha basado en la sección de Peropadre (1993). El resto de los arcos se han realizado con la misma curvatura. Esto crea ciertas incompatibilidades geométricas, es decir, que las directrices de los arcos no se cruzan en el espacio en todos los puntos de intersección (estos problemas de incompatibilidad geométrica de las cúpulas de arcos cruzados han sido estudiados por Fuentes y Huerta 2010). Al medir estas incompatibilidades se ha podido comprobar que no suponen más que un 3% de la luz de los arcos 3 y 4. Estas desviaciones de la geometría son del orden de los errores constructivos, por lo que se ha dado por válida esta hipótesis. De hecho existen ciertas imperfecciones geométricas en la intersección de los arcos, que se pueden observar desde arriba (Figura 7).

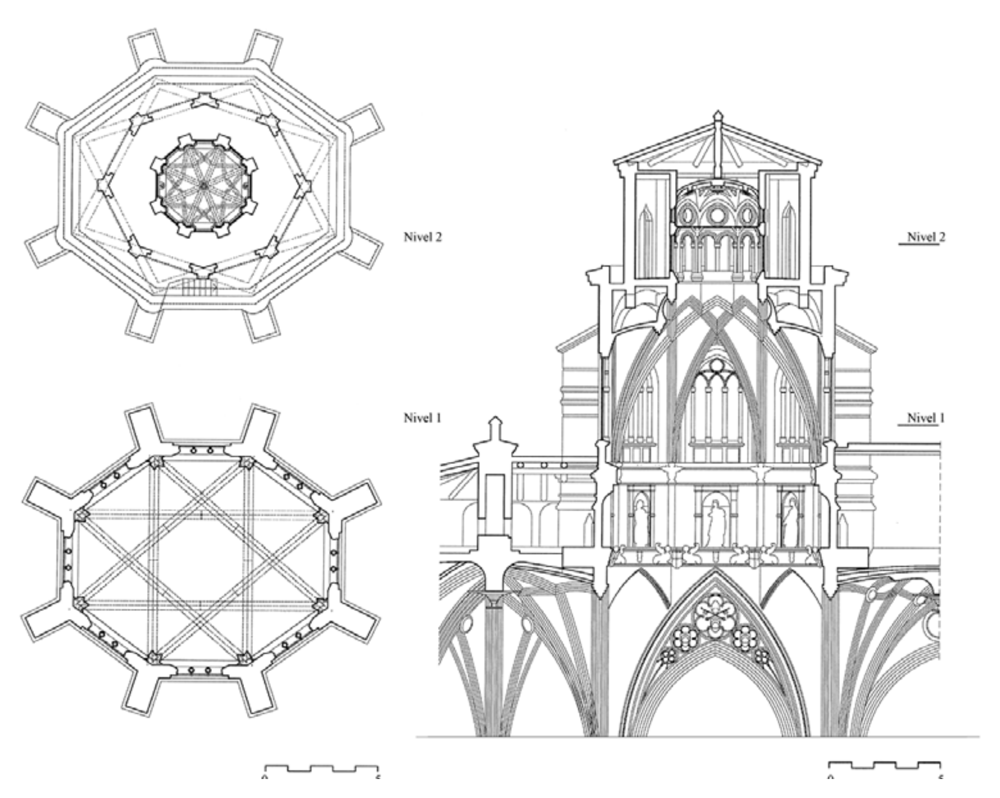


Figura 5
Planta y sección del cimborrio (dibujo de Francisco Fes)

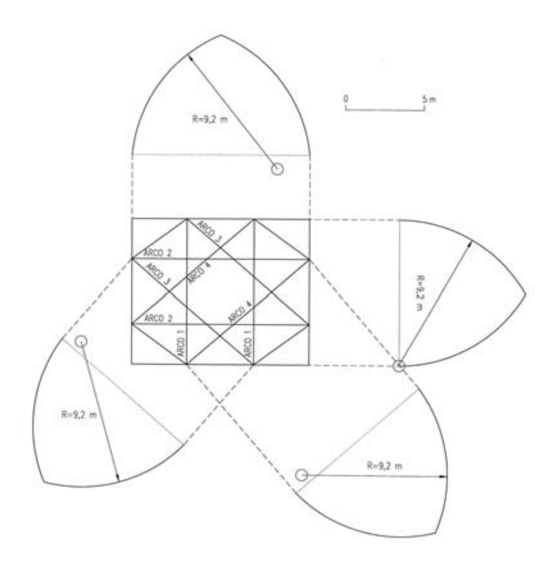


Figura 6
Geometría simplificada de los nervios de la cúpula (1ª red de arcos)



Figura 7
Vista de las intersecciones de los nervios de la parte superior del cimborrio (Foto: P. Fuentes)

Debido a la irregularidad de la planta, las claves de los arcos diagonales (3 y 4), no se encuentra en la mitad de la intersección con los otros arcos, sino que se desplaza hacia uno de los lados. Esta imperfección es inapreciable desde abajo, donde, al pintar el despiece, queda disimulada. Sin embargo sí que puede apreciarse desde arriba (figura 7).

Como hemos dicho, sobre el trasdós de esta cúpula se sitúa otra red de arcos. Estos arcos resultan difíciles de medir, por el espacio en el que se encuentran. Se han tomado in situ una serie de medidas como la flecha del arco y la distancia entre las intersecciones para poder dibujarlos. En la figura 8 se puede ver su geometría. La relación de las dos mallas de arcos puede verse en la figura 5.

El relleno de la bóveda se ha podido medir con respecto a la altura en la que se apoya el lucernario, suponiendo aproximadamente la mitad de la altura. Esto coincide con las reglas tradicionales de proyecto de las estructuras de fábrica (Huerta 2004).

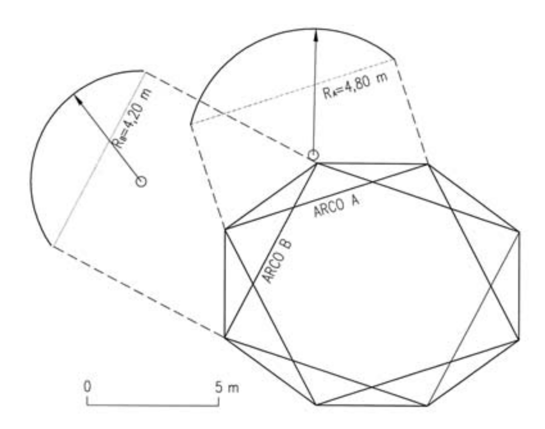


Figura 8
Geometría de la 2ª red de arcos

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Esquema estructural

Para comprender mejor el sistema estructural del cimborrio se ha realizado un esquema con los distintos elementos, explicando cómo se apoyan unos en otros. El denominado volumen 1 (figura 9) apoya sobre la 1ª red de arcos. La plementería apoya también en estos arcos. El volumen 2, apoya en la segunda red de arcos. Todos los arcos empujan, a distintas alturas, sobre los estribos exteriores (figuras 9, 15).

Materiales e hipótesis de carga

Tanto la cúpula como los sistemas de contrarresto son de ladrillo. Para el ladrillo se ha considerado un

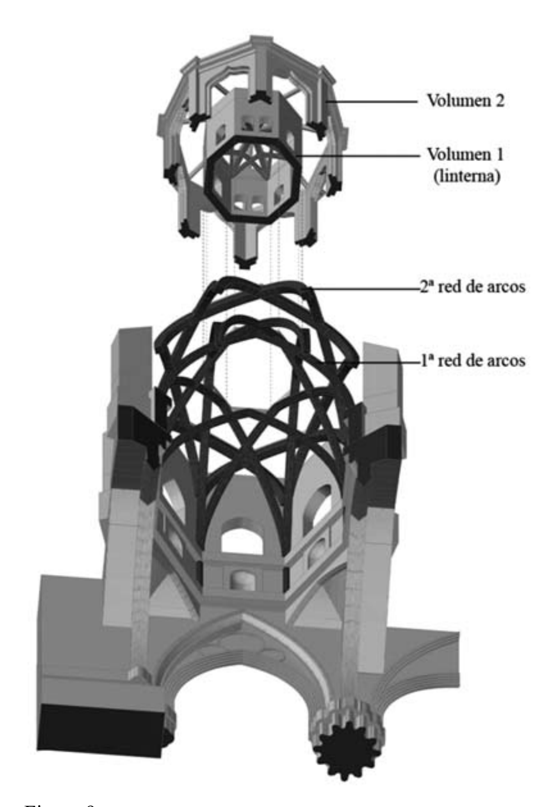


Figura 9
Esquema estructural del cimborrio (dibujo de Francisco Fes)

peso específico de 16 kN/m^3. La plementería, también de ladrillo, es tabicada de dos hojas, y se ha tomado un peso propio de 0,8 kN/m^2. Para la cubierta de madera se ha tomado un valor de 1,5 kN/m^2. El peso de la plementería se reparte entre los ocho arcos, y, para facilitar el cálculo, se ha convertido en cargas puntuales. En cuanto al relleno, se ha tomado la hipótesis a favor de seguridad de que existe (de manera que sirve de vía para las fuerzas) pero no pesa. En la tabla 1 se dan algunos de los pesos utilizados para el análisis.

Marco teórico

Para realizar el estudio se ha aplicado la teoría del Análisis Límite de Estructuras de Fábrica, tal y como la ha desarrollado fundamentalmente Heyman en los últimos años (Heyman 1995; 1999).

Consideraremos la estructura formada por un material rígido-unilateral, que resiste compresiones pero no resiste tracciones. Es decir, imaginamos la fábrica como un conjunto de bloques indeformables en contacto seco y directo que se sostienen por su propio peso. Supondremos también que las tensiones son bajas, no habiendo peligro de fallo por resistencia, y que el rozamiento entre las piedras es suficientemente alto como para impedir su deslizamiento. Estas tres hipótesis dan lugar a los Principios del Análisis Límite de las Fábricas: la fábrica presenta una resistencia a compresión infinita, no resiste las tracciones y el fallo por deslizamiento es imposible.

Estas hipótesis nos llevan a que el problema de las estructuras de fábrica, no son las tensiones, sino el equilibrio. La condición de estabilidad de una fábrica que cumpla los principios anteriores exige que la trayectoria de las fuerzas, la «línea de empujes», esté contenida dentro de la estructura; esto es, para cada sección hipotética de la estructura la resultante de las fuerzas debe estar contenida en su interior; sólo de esta manera se puede conseguir un equilibrio en régimen de compresiones exclusivamente.

El Teorema de la Seguridad (del Límite Inferior) del Análisis Límite, nos dice que dada una estructura, si es posible encontrar una situación de equilibrio compatible con las cargas que no viole la condición de límite del material la estructura no colapsará. Aplicado a las fábricas esto quiere decir que si es posible dibujar un conjunto de líneas de empujes en equilibrio con las cargas contenida dentro de la estructura la estructura no se hundirá. La potencia del Teorema radica en que el conjunto de líneas de empujes, es decir, la situación de equilibrio, puede ser

Elemento	*Linterna (volumen 1)*	*Cubierta linterna*	*Volumen 2*	*Cubierta madera red de arcos*	*Plementería entre la 1.ª*	*1ª red de arcos*	*2ª red de arcos*	*Estribo*
Peso (kN)	320	35,8	670	81,6	13,5	530	511	800

Tabla 1
Peso de los elementos utilizados para el análisis

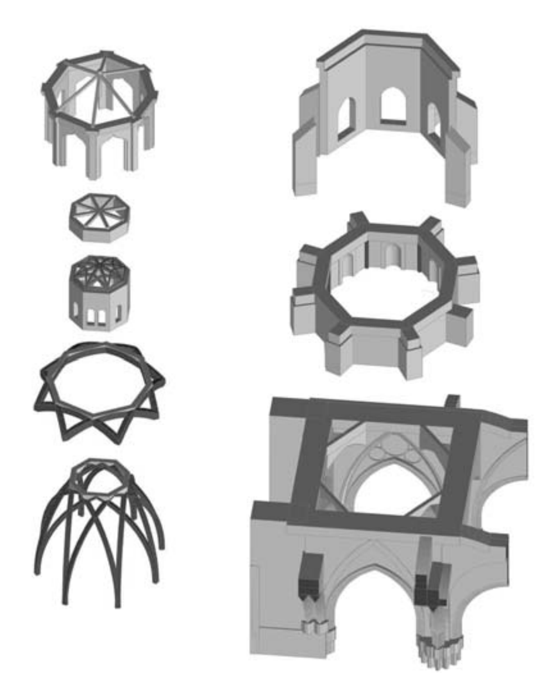


Figura 10
Despiece de los elementos (dibujo de Francisco Fes)

elegida libremente. Elegida una solución de equilibrio a compresión (sistema de líneas de empujes), podremos aplicar las condiciones de seguridad a cada una de las secciones y obtener, de esta forma, un límite inferior para el coeficiente de seguridad geométrico.

Este «enfoque del equilibrio», que se deduce del Teorema de la Seguridad, es la base de cualquier análisis de estructuras de fábrica. Este teorema constituye, en palabras del profesor Heyman (2001), «la roca sobre la que se cimenta hoy día toda la teoría del cálculo de estructuras». El enfoque del equilibrio está implícito en las reglas geométricas de los maestros antiguos y fue empleado por los grandes ingenieros de los siglos XVIII y XIX (Huerta 2004).

El cómo se manejen las ecuaciones de equilibrio (métodos gráficos, analíticos, programación lineal, cálculo manual o por ordenador, etc.) es irrelevante, pues no afecta a los principios básicos de la teoría (Huerta 2005, Heyman 2010).

Análisis de la bóveda

Analizamos por separado la primera red de arcos y la segunda, que como hemos dicho transmiten dos empujes al estribo. En todos los casos se ha dibujado la línea de mínimo empuje, o muy cercana a ella. Obtenemos así unos empujes menores para el estribo. Por otro lado, en el caso de que los estribos hubieran cedido ligeramente, al agrietarse los arcos, es esta línea la que tendríamos. Se ha analizado uno de los estribos (figura 15).

En los arcos de la primera red apoya el volumen 1 (la linterna). El peso calculado de este volumen es de 356 kN (incluida la cúpula de la linterna). Este peso

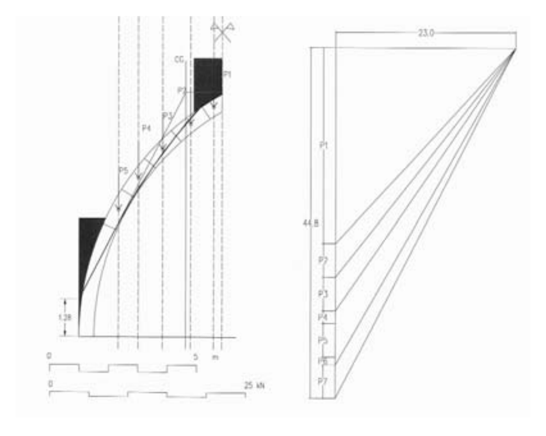


Figura 11
Línea de empujes del arco 1

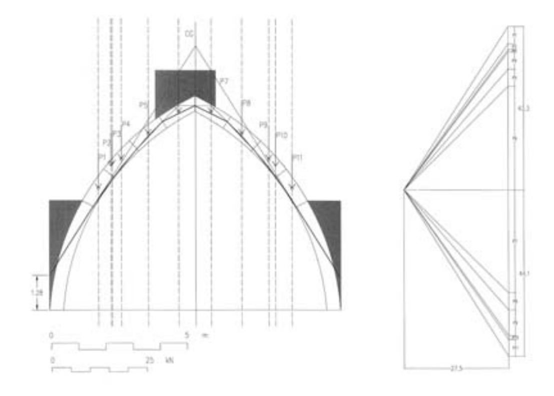


Figura 12
Línea de empujes de los arcos 3 y 4

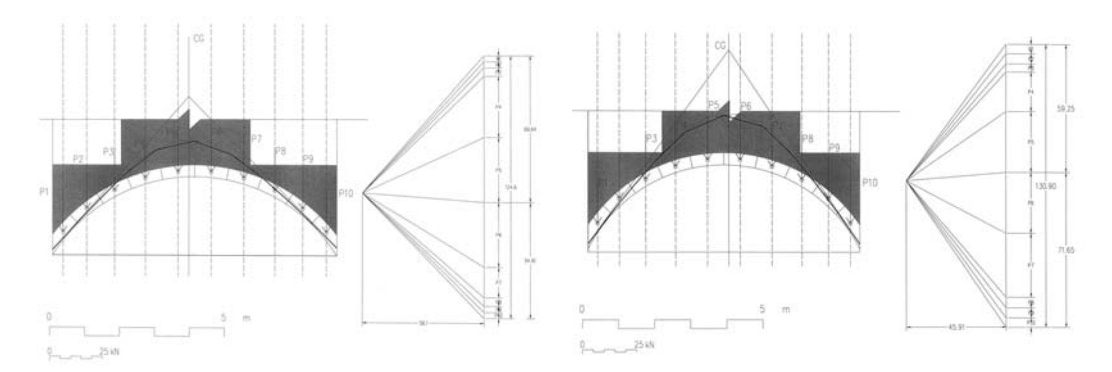


Figura 13
Línea de empujes de los arcos A

Figura 14
Línea de empujes de los arcos B

se reparte entre los ocho arcos, lo que supondría una carga de 44,5 kN por arco. Hemos supuesto una carga puntual en el centro de gravedad de las dos primeras dovelas para simplificar el cálculo. Sobre este arco apoya también parte de la plementería.

Como se puede observar en la figura 11, la línea de empujes sobresale del arco en la parte superior. Esto no supone ningún problema, puesto que tenemos el macizo de fábrica de la linterna. El peso total sobre el arco 1 (incluyendo el peso propio) es 89,6 kN (en la figura se ha dibujado la mitad del arco). El empuje obtenido es 23 kN.

En la figura 12 se ha dibujado la línea de empujes de los arcos 3 y 4 (el arco 4 es el simétrico del 3) El peso total sobre estos arcos es de 87,4 kN, y el empuje obtenido es de 27,5 kN.

En ambos casos se ha dibujado la línea de empujes partiendo de la misma altura (1,28 metros sobre la base del arco) para facilitar la composición de las fuerzas al llegar al estribo.

A continuación se plantea el análisis de la segunda red de arcos. En ella apoya el denominado volumen 2 (figura 9). Este volumen tiene un peso total de 752 kN (incluida la techumbre de madera). Si repartimos el peso entre los ocho arcos, les corresponde una carga de 94 kN. Tenemos cómo hemos visto dos arcos distintos, el A y el B (figura 8). Sobre ellos apoyan también unos muretes de fábrica de las enjutas (figura 3). El peso total del arco A es de 124,6 kN y el empuje es de 58,1 kN. El peso del arco B es de 130,9 kN, y el empuje es de 45,9 kN. De nuevo en estos arcos se aprovecha el macizo de fábrica superior para que la línea de empujes pueda acomodarse fácilmente, sin suponer un empuje excesivo para el estribo.

Estabilidad de los estribos

El estribo es compuesto, como puede apreciarse en la foto de la figura 4 y en la figura 15, derecha. Los arcos de las ventanas descargan el peso del muro superior sobre la parte interior de los contrafuertes, de manera que puede suponerse, dada la ausencia de grietas, que todo el peso se moviliza para resistir los empujes de las dos redes de arcos (para un estudio detallado de la estabilidad de los estribos simples o compuestos, véase Huerta 2010). El peso total del estribo es de unos 800 kN (hay pequeñas diferencias entre unos estribos y otros por la irregularidad de la planta).

A cada estribo acometen cuatro arcos en distintas direcciones. En el estribo analizado acometen los arcos 1 y 3, de la 1ª red de arcos, y los arcos A y B de la 2ª red de arcos Para realizar el cálculo, se descomponen los empujes de cada arco en dos componentes, una en la dirección del eje del estribo, y otra en la dirección perpendicular (Figura 15). Las fuerzas en el estribo se han recogido en la tabla 2.

	H (kN)	*HX (kN)*	*HY (kN)*	*V (kN)*
Arco A	58,1	41,6	40,4	55
Arco B	45,9	-36,8	27,4	71,6
Arco 1	23	7,2	21,9	44,8
Arco 3	27,5	-13,9	23,7	43,3

Tabla 2
Fuerzas aplicadas en el estribo

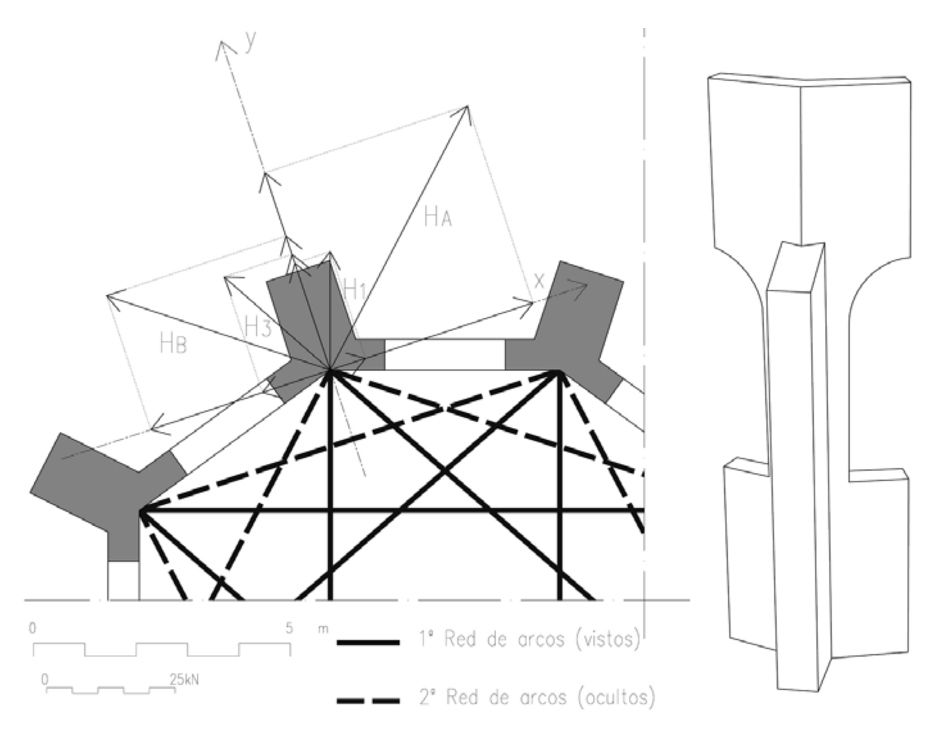


Figura 15
Izquierda: Composición de las fuerzas en el estribo; derecha: Volumen considerado para el contrarresto

Para estimar la seguridad del estribo, comprobamos la estabilidad en las dos direcciones (figura 16):

Dirección x:

$$(H_{Ax} + H_{Bx}) \times 9{,}2 + (H_{1x} + H_{3x}) \times 6{,}3 = \left(V_A + V_B + V_1 + V_3\right) \times x$$

de donde, x = 0,002 m = 2 mm. La desviación en sentido del eje x es inapreciable.

La resultante se desplaza menos de 2 mm debido a la componente de las fuerzas en la dirección perpendicular al muro.

Dirección y:

$$(H_{Ay} + H_{By}) \times 9{,}2 + (H_{1y} + H_{3y}) \times 6{,}3 + P_e \times 0{,}47 = \left(V_A + V_B + V_1 + V_3 + P_e\right) \times y$$

de donde, y = 1,26 m.

El coeficiente geométrico de seguridad se define como la relación entre la mitad del diámetro de la sección considerado (determinado por la dirección de vuelco) y la distancia del centro de empuje al centro de la sección (Huerta 2004, 106), figura 16. Mide la desviación de la resultante del centro de la sección. En el caso de los estribos su valor es mucho más restrictivo que en el de los arcos, pues se debe reducir lo más posible la inclinación del estribo, para evitar grandes incrementos de la luz de los arcos (Huerta 2010). Los valores usuales calculados en edificios existentes están por encima de 4, mientras que un valor usual para arcos y bóvedas es 2.

En este caso, d = 2,30 m y $c = (d/2) - y$ = 1,26 – 1,15 = 0,09. El coeficiente geométrico de seguridad vale (1,15/0,09) = 10,4. Sabemos, por el Teorema de la Seguridad, que el estribo tiene una seguridad al menos de 10.

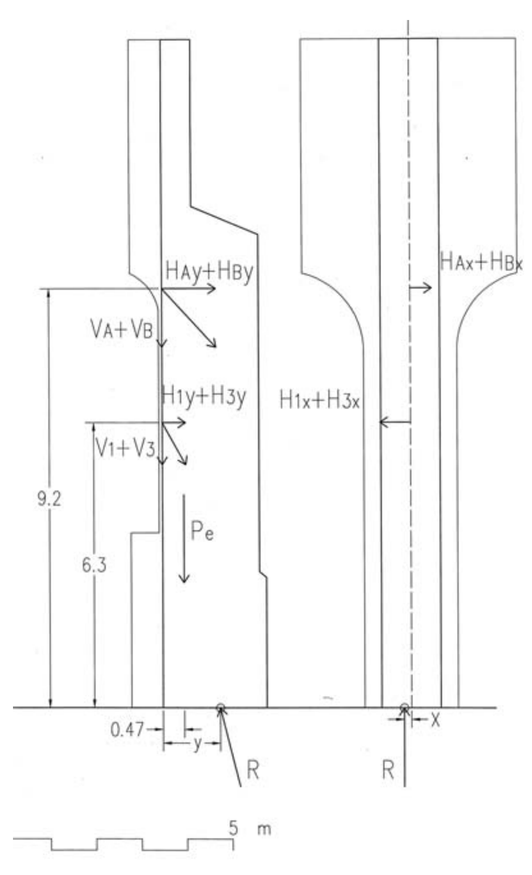


Figura 16
Composición de fuerzas en el estribo (izquierda: dirección y; derecha: dirección x)

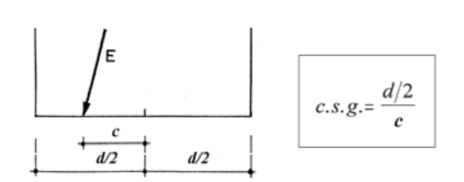


Figura 17
Coeficiente geométrico de seguridad en una sección de un estribo

Conclusiones

El cimborrio de la catedral de Zaragoza supone un hito en la construcción de los cimborrios del siglo XVI. El sistema estructural con dos mallas de arcos en los que apoyan distintos elementos es una solución completamente original de la que, por lo que sabemos, no existe precedente alguno. El mismo Botero empleó este sistema en el cimborrio de la Catedral de Tarazona, donde vuelven a aparecer al exterior dos prismas octogonales girados. Tras los múltiples fracasos de cimborrios, tanto en ésta como en otras catedrales, el cimborrio de Zaragoza tiene una gran seguridad, y marca un hito en la historia de la construcción abovedada. Este tipo se abandonó en España tras el siglo XVI, pero fue recuperado en el siglo XVII por Guarino Guarini que lo empleó en la iglesia de San Lorenzo de Turín y en numerosos proyectos no construidos.

Lista de referencias

Pemán, Mariano y Luis Franco. Proyectos de restauración (1993-1998).

Pemán, Mariano y Luis Franco. 1999. «La Seo de Zaragoza, 20 años de reformas». *Ars Sacra*, n.º 9: 15-30.

Pemán, Mariano y Luis Franco. 2000. «Reconstruir la memoria: la restauración de la Seo
de Zaragoza». En: *La Seo del Salvador*, Zaragoza, Librería General: 111-122.

Fuentes González, Paula. 2009. «Las cúpulas de arcos cruzados: origen y desarrollo de un tipo único de abovedamiento entre los siglos X-XVI». *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Valencia, 21-24 de Octubre de 2009.* Madrid: Instituto Juan de Herrera: 511-522.

Fuentes González, Paula y Santiago Huerta. 2010. «Islamic domes of crossed-arches: Origin, geometry and structural behavior». En: *Arch' 10. 6th International Conference on Arch Bridges, 11-13, October, 2010.* Fuzhou, China: College of Civil Engineering: 346-353.

Heyman, Jacques 1995. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Colección de ensayos.* Ed. por S. Huerta. Madrid: Instituto Juan de Herrera

Heyman, Jacques 1999. *El esqueleto de piedra*. Madrid: Instituto Juan de Herrera

Heyman, Jacques. 2001. *La ciencia de las estructuras* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Heyman, Jacques. 2011. *Teoría básica de estructuras.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago. 2005. «Mecánica de las bóvedas de fábrica: el enfoque del equilibrio». *Informes de la Construcción,* 56: 73-89.

Huerta, Santiago. 2010. «The safety of masonry buttresses». *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Engineering History and Heritage,* 163: 3-24.

Ibáñez Fernández, Javier 2006. *Los cimborrios aragoneses en el siglo XVI.* Tarazona: Centro de Estudios Turiasonenses de la Institución Fernando el Católico.

Ibáñez Fernández, J. 2009. «I cimborrios aragonesi del Cinquecento», *Lexicon. Storie e architettura in Sicilia e nel Mediterraneo*, 9: 13-22.

Ibáñez Fernández, J. 2010. «Gothique, tradition constructive locale et 'masques al romano'». En: *Le Gothique de la Renaissance. L'architecture gothique du XVIe siècle, Actes des IVes Rencontres d'architecture européenne (Paris 2007)*, M. Chatenet, K. De Jonge, M. Kavalery N. Nussbaum (eds.). París, Picard: 151-167.

Lambert, Elie 1926. «La Première Renaissance Espagnole et ses Cimborios». *La revue de l´art ancienne et moderne:* 193-204, 282-292.

Peropadre Muniesa, Ángel. 1993. *En torno a Guarino Guarini (Discurso de ingreso en Real Academia de Nobles y Bellas Artes de San Luis)*. Zaragoza: Real Academia de Nobles y Bellas Artes de San Luis.

Estudio tipológico de la construcción tradicional de astilleros en Galicia

Oscar Fuertes Dopico
Joaquín Fernández Madrid

Galicia ha sido y es tierra marinera. El litoral Gallego, desde Ribadeo hasta A Guarda, es soporte y parte de todas las actividades, oficios y modos de vida vinculados al mar. Poseer más de mil kilómetros de costa propició la creación de distintos asentamientos costeros, pudiendo afirmar que en la edad media existían asentamientos con poblaciones marineras, que posteriormente se han convertido en los principales pueblos de pescadores y han constituido a Galicia como país pesquero.

Las poblaciones del litoral vivían de la pesca costera que realizaban en la plataforma continental (Caamaño 2006, 49), las especies que llegaban a la costa eran variadas y numerosas, y su captura era fuente de riqueza. En la Edad Media la pesca se realizaba cercando a los peces con redes en el propio borde costero. A partir del siglo XVIII, con la declaración en las ordenanzas de Pontevedra, se extiende el Xeito como método mejor y más útil para la pesca. Este consistía en que dos ó tres marineros se alejaban del borde costero en lancha o dorna para pescar con redes de deriva (Díaz de Rábago 1885, 18). Desde este momento, la actividad pesquera se transforma, generalizándose el uso de las embarcaciones como herramienta para acceder a los distintos caladeros.

La necesidad de adaptación al entorno será lo que va a determinar la evolución de las embarcaciones en madera. Los carpinteros de ribera perfeccionan las técnicas de construcción de las mismas y son los contextos culturales los que estabilizan la morfología de las embarcaciones de la costa gallega (Mörling 2005, 227). Se da en llamar carpintero de ribera al constructor y reparador de embarcaciones de madera y carpintería de ribera a la actividad artesanal de construcción naval en madera, con un claro sentido productivo. En un primer momento el carpintero de ribera se desplazaba de playa en playa, dependiendo de dónde tuviera el encargo, sin tener una instalación fija, ni un claro carácter empresarial. Más adelante el carpintero de ribera se adentra en la construcción de sus propias edificaciones, intentando crearse un techo que le permita trabajar al amparo de la lluvia, dando lugar a importantes piezas de arquitectura a lo largo de la costa.

Según las fuentes disponibles (Carmona 1983), alrededor de 1850 la construcción naval estaba estancada en Galicia, debido a la retirada de los veleros de gran porte y al atraso de la siderurgia autóctona. En 1869 se abolió el monopolio de la sal, lo cual propició la llegada a Galicia de inversores catalanes, para dedicarse a la conserva y salazón de pescado. Este hecho, hizo que se empezaran a encargar numerosas embarcaciones para la pesca. A partir de 1940, resultó más asequible la obtención de concesiones administrativas para la instalación de astilleros o talleres de carpintería, por lo que empezaron a aparecer a lo largo de la costa este tipo de infraestructuras fijas.

El patrimonio marítimo gallego está compuesto por todas y cada una de las manifestaciones ligadas a la actividad marítima de los gallegos (Pereira 2003, 10-11), desde construcciones, objetos y creaciones inmateriales.

MEDIO FÍSICO

Los Astilleros tradicionales jalonan toda la cornisa cantábrica española e incluso el arco atlántico (Taboada y Fuertes 2010). Es Galicia la principal autonomía pesquera del Estado español y la que históricamente ha contado con mayor número de buques construidos en madera debido a su importante riqueza forestal y vocación marítima. El sector de la carpintería de ribera fue puntero en relación al resto de las regiones marítimas españolas y llegó a contar con centenares de instalaciones diseminadas por todas las rías.

Estos brazos de mar que se introducen en el continente creando un litoral recortado, producían incontables zonas naturales de abrigo para las embarcaciones gallegas, y por tanto lugares idóneos para el asentamiento de las carpinterías de ribera, puesto que apaciguaban a las mareas y favorecían la aparición de protecciones físicas. Analizados los asentamientos de las carpinterías de ribera, resulta indicativo que todas ellas se sitúen en el interior de una ría, y dentro de ellas busquen siempre una ensenada (Figura 1).

El astillero se ubica en un lugar protegido de vientos, bien comunicado y con calado suficiente para facilitar el lanzamiento al agua de los barcos con seguridad, próximo a un entorno geográfico que asegurase el suministro de materias primas, lo que implicaba la cercanía de bosques con especies adecuadas, y donde existiese una demanda potencial de construcciones en las inmediaciones.



Figura 1
Mapa de la Galicia con la situación de los astilleros tradicionales

Las carpinterías de ribera son parte indiscutible del territorio que las rodea. Su posición perpendicular a la orilla del mar, el límite difuso de sus cobertizos, la continuidad entre interior y exterior de sus edificaciones, hace que acaben profundamente enraizadas en el paisaje. En todas ellas la construcción busca valerse del entorno para su crecimiento, llegando a inmiscuirse plenamente (Figura 2).



Figura 2
Fotografía del entorno de la Carpintería de ribera Barquiña Farei, ría de Muros-Noia

TIPOLOGÍA

El objeto de esta comunicación es el estudio de las denominadas carpinterías de ribera o astilleros tradicionales. Estas edificaciones han sufrido desde comienzos del siglo pasado procesos divergentes: bien de abandono y deterioro hasta su desaparición, o bien reconvirtiéndose en modernos astilleros de carácter industrial. Podemos diferenciar dos tipos, Las Carpinterías de ribera y los Astilleros.

El primer tipo lo forman las Carpinterías de ribera. Tienen en común ser anteriores a la primera mitad del siglo XX y estar construidas casi en su totalidad en madera.

Diferenciamos a su vez tres subtipos: 1- Los Cobertizos temporales (Figura 3), aquellas instalaciones de pobre construcción en madera, que únicamente se usaban mientras se construía la embarcación y, una vez finalizada ésta, se eliminaban. 2- Los Talleres de Carpintería, un único volumen en madera, cubierto y con posibilidad de cerramientos de entablado, que a diferencia de los anteriores tenían vocación de permanencia y 3- Astilleros Tradicionales, formados por dos o más edificaciones, generalmente con aserradero asociado, poseían estructuras portantes de madera, cierres verticales de entablado y una estructura de cubierta de enlatado o entablillado de madera, con acabado de teja cerámica.

El segundo tipo lo conforman los Astilleros: instalaciones fijas de construcción de embarcaciones, que bien pueden ser de nueva planta, o que en su origen fueron una carpintería de ribera y se reconvirtieron en un astillero. Poseen estructura metálica o de hormigón armado, cierre de bloque prefabricado de hormigón, estructura de cubierta compuesta por cerchas prefabricadas de hormigón unidas mediante viguetas prefabricadas y faldones de fibrocemento. Dentro de ellas se fabrican hoy en día, todo tipo de embarcaciones, tanto de madera como fibra o acero.



Figura 3
Fotografía Cobertizo temporal. (Caamaño 2006)

Los Astilleros Tradicionales a lo largo del litoral Gallego.

De las 110 instalaciones inventariadas en el año 2010, 78 han desaparecido, aunque queda constancia de su existencia, y sólo 32 están en pie (Tabla 1), de

CARPINTERIAS DE RIBERA DEL LITORAL GALLEGO			
Nombre	Astilleros	En Uso	Astillero Tradicional
Costa Cantábrica			
Naumariña			
Fra Rico			
Cillero			
Nécega			
Costa Noroccidental			
Vila			
Lorbé			
H. Emilio Babío Canle			
H. Julio Medín Pintor			
Costa da Morte			
Roseva			
Hns.Suarez Taboada			
Baladiño			
Rías Baixas			
Barquiña Farei			
Rates			
Cerzon			
Lago-Abeijón			
Abeijón Hermanos			
Amado			
O Charango			
Triñanes			
Ayaso			
Aguiño			
Lojo			
Catoira			
Mougán			
Garrido			
Galiñanes			
Fernandez Viñas			
Purro			
Domaio			
Moaña			
Lagos			
Montenegro			

Tabla 1
Carpinterías de ribera del litoral Gallego

las cuales 22 permanecen en funcionamiento. De acuerdo con la definición que hemos hecho en epígrafe anterior, de las 32 instalaciones que siguen en pie, sólo 10 poseen las características del astillero tradicional Pasamos a continuación a describir sucintamente cada uno de estos ejemplares:

Empezando nuestro recorrido por la provincia de Lugo, en el noroeste del litoral gallego, es en la ría de San Cibrán, justo en la desembocadura del río Orxas, donde catalogamos la Carpintería de ribera de Francisco Fra Rico. Es de las más antiguas que aún perduran abiertas, con concesión administrativa de 1941, ya pertenecía a familia de carpinteros de ribera, desde 1875, habiendo pasado de generación en generación por las manos de la misma familia. Siguiendo nuestro recorrido por la costa noroccidental, llegamos a la zona de Cedeira, donde en 2001 aun estaba en activo la carpintería de José Antonio Romero, pero fue derruida en 2006 para la ampliación del puerto. Debido a la construcción de los astilleros Ferrolanos, veremos como toda la comarca sufre ese impacto y muchas de las pequeñas carpinterías de ribera de la zona empiezan a desaparecer en la década posterior a 1960, o bien porque los carpinteros de ribera encuentran trabajo en los grandes astilleros, o porque el sector de las embarcaciones tradicionales en madera decae a favor del acero (Aguado 2000, 147).

No será hasta llegar a la Costa da Morte cuando encontremos la siguiente carpintería de ribera, *Astilleros Roseva* (Figura 4), situada en la ensenada de Cabana de Bergantiños, buscando la protección natural de la costa, y situada en el delta de la desembocadura del río Anllóns. Creada en 1958, *Roseva* es una mezcla de los conceptos anteriormente explicados, puesto que conserva la edificación original íntegramente en madera, lo que podemos denominar astillero tradicional y a la vez ha sufrido un proceso de reconversión, con la incorporación dos naves para la construcción de todo tipo de embarcaciones.

Continuamos nuestro estudio hasta la ría de Muros y Noia, donde se conserva el mayor número de astilleros tradicionales de toda Galicia. En el municipio de Muros, parroquia de Tal, en la ensenada de Bornalle, configurada por la desembocadura del río Rateira, encontramos la Carpintería de ribera del *Charango*. Esta es la instalación más extrema de la serie de carpinterías de ribera que se encuentran en la orilla septentrional de la ría. Volveremos a esta carpintería para su análisis exhaustivo más adelante. Situados ya en el término municipal de Noia, está la Carpintería de *Lago-Abeijón* (Figura 5), en la ensenada de O Freixo, que conserva intacta la carpintería de ribera que creó en su día Domingo González Oca, y que debido a la construcción de 5 naves más se ha convertido en un moderno astillero. En las inmediaciones se conservan restos del muro de piedra de la Carpintería de Ferrín, que se derrumbó en enero de 2009. Continuando nuestro camino y adentrándonos en la ría llegamos a la desembocadura del río Serantes, donde se sitúa la carpintería de ribera de *Cerzón*,



Figura 4
Fotografía de la carpintería de ribera Roseva. Cabana de Bergantiños

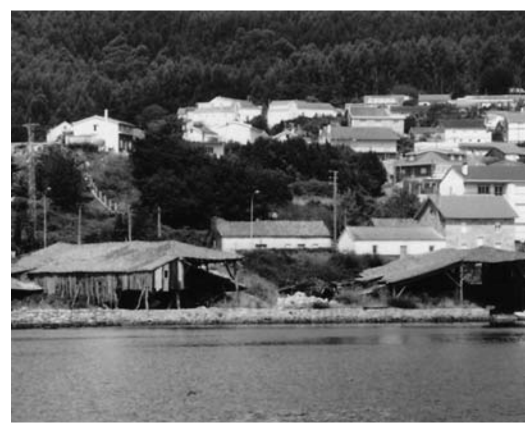


Figura 5
Fotografía de la carpintería de ribera Lago-Abeijón. Ría de muros-noia

y continuando la línea de costa 500 metros aparece la carpintería de ribera de *Barquiña Farei*, que posee embarcadero propio.

Saltamos ahora a la ría de Pontevedra, y llegamos a Bueu, a la carpintería de ribera de Purro, que en la actualidad es la única incluida en el inventario general de patrimonio cultural de la Xunta de Galicia. Al finalizar nuestro recorrido localizamos los tres últimos asentamientos en la ría de Vigo. La carpintería de *Domaio*, en la ensenada de San simón, y la de *Moaña* también en la cara norte de la ría. Cierra el conjunto el astillero *Lagos* (Figura 6), que fundado en 1915 por Fernando Lagos Carsi, lleva en manos de la misma familia más de 90 años.



Figura 6
Fotografía del interior del astillero Lagos. Vigo

Características constructivas

Nuestro trabajo pretende indagar en las características que poseen en común los astilleros tradicionales. Analizaremos cómo, a pesar de ser edificaciones construidas en diferentes territorios y con diferentes técnicas por distintos carpinteros, poseen importantes similitudes, no sólo funcionales, sino también constructivas y formales.

El carpintero utiliza su conocimiento en el uso de la madera para elevar su propio taller. Con las mismas herramientas y tecnología que usa para las embarcaciones, se construye una instalación que le da cobijo. Inicialmente nos encontramos con estructuras básicamente en madera, construidas a semejanza de buques invertidos, perfectamente adaptadas a su función: amparar de las adversidades climáticas tanto al carpintero como a la embarcación. El sistema constructivo de estos astilleros aúna el bien hacer de la arquitectura popular en madera y la pericia de los ensambles de la construcción de embarcaciones tradicionales.

Todas las instalaciones principales están a salvo de la pleamar más alta. Para no distanciarse en exceso de la orilla, se crean diques con muros de piedra que defiendan la plataforma de trabajo. Este muro se rompe para establecer una conexión con el agua mediante una rampa, realizada con tierra apisonada o enlosado de piedra. Habitualmente se colocaban sobre ésta las anguilas de madera, que eran los carriles por donde corría la embarcación hasta llegar a la orilla.

Los Astilleros tradicionales constan de los siguientes elementos: la plataforma de trabajo: una amplia extensión de terreno o playa donde construir la embarcación; la grada: que es la rampa de conexión con el mar; el taller: volumen cerrado para el almacenamiento de las herramientas; el Aserradero: lugar donde se preparaban las escuadrías y se cortaban las piezas de madera y, finalmente, el tinglado: zona de trabajo exterior cubierta, a modo de cobertizo.

Estos dos últimos elementos poseen ligeras estructuras de madera que recuerdan a las cabañas ancestrales, formadas por pies derechos, sobre los que apoyan cerchas de diferentes tipos, todo ello en madera. La cubierta suele ser de entablado o enlatado con acabado de teja cerámica. Los faldones vierten el agua directamente o incorporan canalones elaborados con rollizos de eucalipto, cortados al eje y vaciados. En cualquier caso, destacan por sus soluciones constructivas, que ofrecen un constante ejemplo de coherencia entre la forma construida y los materiales utilizados, si bien no existe precisión en el detalle (Figura 7).

Una vez completada la cubierta, para protegerse del viento o la lluvia lateral, de dotaba al cobertizo de cerramientos de madera, mediante tablas dispuestas verticalmente sobre rastreles de madera como estructura de soporte, y en muchos casos con piezas sobrantes de las embarcaciones. Como curiosidad, destacamos el uso de tierra natural compactada como pavimento, debido a que facilita el proceso de construcción de la embarcación y actúa como regulador térmico.



Figura 7
Fotografía interior carpintería de ribera Barquiña Farei. Ría Muros-Noia

O TALLER DO CHARANGO

De todas las carpinterías de ribera estudiadas, seleccionamos O Taller do Charango, por ser un perfecto ejemplo del subtipo denominado astillero tradicional (Figura 8).

El Charango se encuentra situado en la ría de Muros-Noia, en la playa de O Salgueiro dentro de la ensenada de Bornalle. La ría posee boca amplia y se presenta libre de obstáculos, por lo que permite que el viento penetre hasta la desembocadura del río Tambre. La carpintería se encuentra protegida por un promontorio que cierra la ensenada y a su vez se vuelca en un fondeadero, lo que garantiza la protección de las mareas y la facilidad para la botadura de las embarcaciones. Se observa que su emplazamiento está estratégicamente elegido, tanto desde el punto de vista marítimo como terrestre, al estar ubicada a 400 m del núcleo de Tal, a 10 km de Muros, y 8 km de O Freixo, ambos núcleos de fuerte carácter pesquero.

Sobre la plataforma de trabajo definida por el muro litoral y la grada, aparecen tres volúmenes construidos: el taller, la serrería y el tinglado (Figura 9).

El Muro Litoral: A ambos lados de O Charango se extiende a lo largo de 200 m al sur y 50 al norte, un muro litoral. Este muro está formado por distintos tramos, el que servirá de apoyo a la serrería, de cantería de granito de gran tamaño: 1 metro de espesor y más de 2 metros de alto, y el resto del muro, formado por mampuestos a hueso, tiene un espesor de casi 80cm y separa las parcelas de las fincas agrícolas del contacto directo con la marea.

La Grada: En un entrante del muro litoral aparece la rampa de planta trapezoidal, de 140m^2 de superficie, con una pendiente de un 10%. Resuelta con un enlosado irregular de granito de gran espesor. Su-



Figura 8
Fotografía de 1954 de la carpintería de ribera O Charango. (Archivo de José Freire)

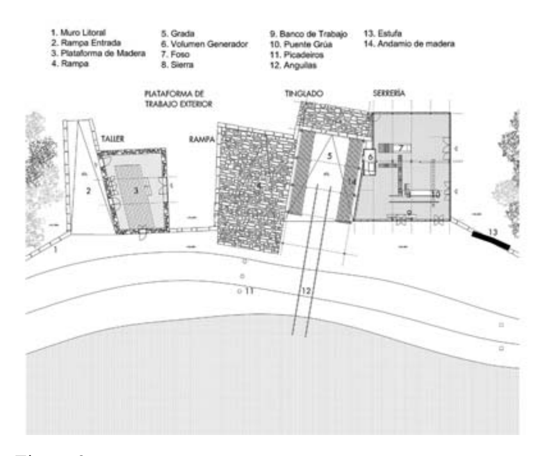


Figura 9
Planta de O Charango

perficie de trabajo para la construcción de embarcaciones que por su tamaño no entrasen en el tinglado y punto de conexión con el mar.

El Taller: Robusta edificación levantada con muros de carga de mampostería de piedra que soportan las cerchas de cubierta. En ella se guarda y protege lo más valioso de la instalación: la herramienta y los planos, y era el lugar donde se hacían los trabajos de dibujo y detalle. El volumen está protegido perfectamente ante los de vientos de cualquier componente.

Pavimento: La totalidad de las edificaciones posee pavimento de tierra apisonada. En el aserradero, donde en ocasiones se montan embarcaciones de pequeño porte, existen dos fosos de un metro de profundidad por 70 cm de ancho, que servían para poder trabajar en la parte inferior del casco. Ese pavimento de tierra es una solución excelente ya que para la construcción de embarcaciones es preciso encajar o hincar estacas de madera en el suelo. A su vez la tierra en verano garantiza más frescor y disminución de las temperaturas diurnas y nocturnas, comportándose como regulador térmico natural.

Estructura: Luces moderadas de unos 7 metros. Estructura resuelta con pilares de 2,5 m altura, de 15 × 15cm de escuadría, en madera de eucalipto, sobre los que se apoyan cerchas de madera. Las cerchas de par y tirante, con tornapuntas destinados a sostener los pares y pendolón, no poseen ningún tipo de unión a modo de cuchillero. La estructura de pilares de madera se apoya sobre una línea de basas de granito gris a modo de zapatas que aíslen la madera de la humedad del terreno (Figura 10).

Cubierta: La totalidad de las edificaciones disponen de cubierta a dos aguas sobre cerchas. Formada por un entramado de madera, compuesto por cinco correas de sección 10x5cm de madera de pino, cabios y listones, sobre los que reposan las tejas planas como acabado de cubierta. Los faldones de cubierta vierten el agua a canalones de madera, y estos a su vez la lanzan al terreno.

Cerramientos: Sirven de protección frente a la lluvia y los vientos. Se componen de una subestructura de perfiles de madera aserrada de pino, formada por montantes verticales y horizontales, que sostienen el entablado, ejecutado con tablas de 12 a 15 cm de anchura y 2,5 cm de espesor, dispuesto verticalmente y con separaciones que oscilan de 2 a 5 cm, estando cerradas en algunos casos por tapajuntas. (Figura11)

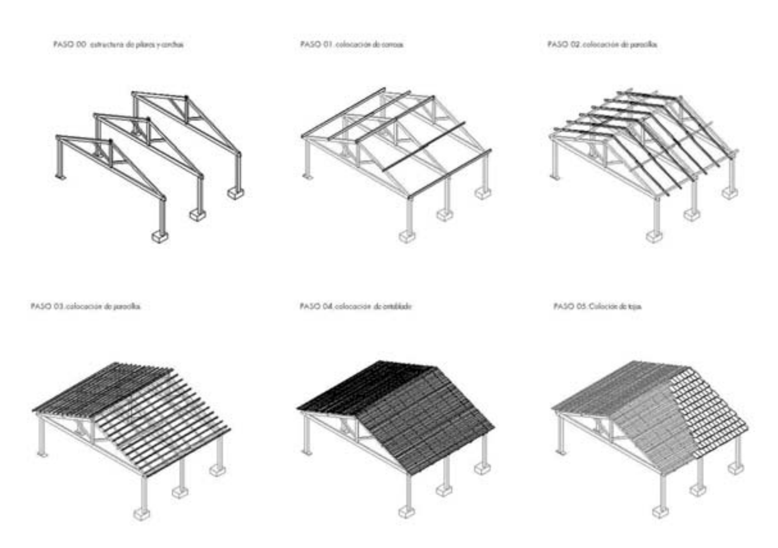


Figura 10
Esquema constructivo

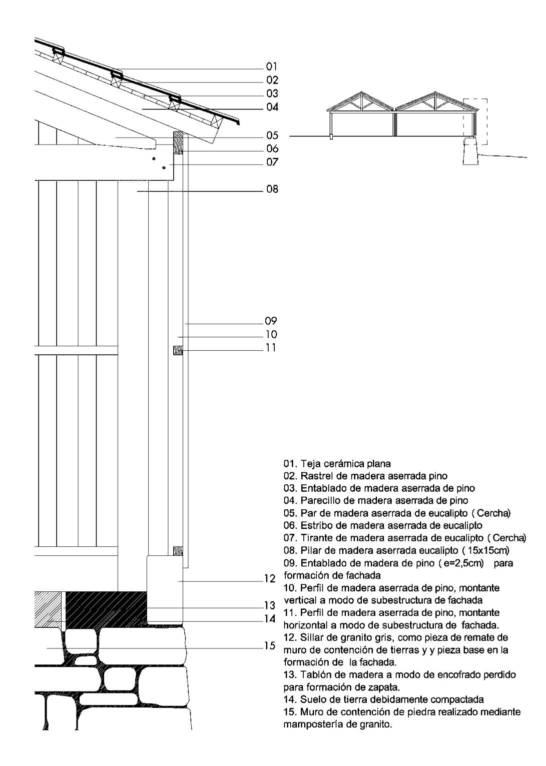


Figura 11
Sección constructiva

Conclusiones

Los astilleros tradicionales son arquitectura sin arquitectos, son el resultado de la experiencia colectiva de un oficio, el de carpintero de ribera y forman parte de nuestra identidad cultural.

A la vista del análisis realizado podemos concluir que los astilleros tradicionales son punto expresivo de confluencia de tecnología naval y edificatoria, e interesante ejemplo de patrimonio etnográfico que está en trance de desaparecer. Son aquilatado ejemplo de construcción integrada en el entorno y perfecta síntesis entre forma y función.

La totalidad de los astilleros tradicionales, y no sólo éste o aquel, es lo que consideramos como un sistema o conjunto de gran valor histórico y patrimonial a preservar.

Agradecimientos

Parte de esta investigación ha sido financiada por fondos europeos, dentro del programa espacio atlántico, en el marco del proyecto Dorna.

Lista de Referencias

Aguado, Jose María. 2000. *La carpintería de ribera en Galicia (1940-2000)*. Coruña: Universidad de Coruña.

Caamaño, Manuel. 2006. *Galicia, as construccións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. Edita Hércules de Ediciones. 49, 250.

Carmona, Juan. 1983. *Producción textil e actividades marítimo-pesqueiras na Galiza, 1750-1905*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago.

Díaz de Rábago, J. 1884. *La industria Pesquera en Galicia*. Reedit 1999, Fundación Pedro Barrie. 18.

García Suarez, Juan. 2008. *A carpinteria de ribeira e os astaleiros de Outes.* Edita Toxoutos.

Mörling, Staffan. 2005. *Lanchas e Dornas: a estabilidade cultural e a morfoloxía das embarcacions na costa occidental de Galicia*. Edita Xunta de Galicia. 227.

Pereira, Dionisio. 2003. *O patrimonio marítimo de Galicia*. Edita Xunta de Galicia. 10 -11.

Verney, Michael. 1995. Manual de construcción amateur de barcos. Edita Tutor S.A.

Taboada, P; Fuertes, O. 2010. *Dorna Astilleros*. Edita COAG.

La fortaleza de Cira, un caso de construcción y destrucción del poder señorial

Carlos J. Galbán Malagón

La amplitud del fenómeno de la fortificación privada es tal vez uno de los elementos más definitorios del Medievo. Aunque la interpretación y el análisis de los motivos que presiden la construcción de una fortaleza son siempre causa de profunda controversia (Stoker 1992). Por ello, suele magnificarse el papel militar de las fortificaciones aunque pocos son los ejemplos que permiten aproximarse con claridad a la tensión entre las vertientes simbólica y funcional del poder que presidieron la implantación territorial de esta arquitectura señorial. La fortaleza de Cira (Silleda, Pontevedra) resulta un ejemplar idóneo para observar el proceso de implantación material de una fortificación y las modificaciones que supone tanto en su contexto territorial inmediato, con los diversos cambios de titularidad, como en un contexto más general, en relación a los grandes sistemas de fortificación de los señoríos vecinos a finales del Medievo.

Restos y procesos

Pese a que la fortaleza ha despertado un cierto interés de los investigadores, su materialidad ha sido más fuente de confusión que de esclarecimiento. Por tanto, antes de cualquier consideración histórica cabe una breve aproximación a los vestigios actuales de la fortaleza y, en la medida de lo posible, a los procesos arquitectónicos identificables.

Cira se ubica en una elevación (169.93 m) en la orilla sur del río Ulla a no demasiada distancia de

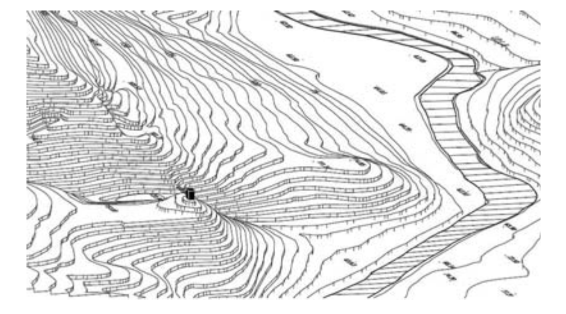


Figura 1
Ubicación de la fortaleza de Cira desde el sureste (por Cora Carballo)

los pasos de Ponte Ledesma (2.46 km), al este, y Ponte Ulla (3.55 a unos 8 km al este se halla Pico Sacro.

A primera vista la fortaleza consistiría en una torre de planta cuadrada sobre una mota (sector A), pero la realidad resulta más compleja. Así, estos elementos parecen completarse y asentarse sobre una primera plataforma ovalada más amplia que se dispone rodeándolos al sur y al oeste. Al norte hay un corte intencional del terreno que impide acceder directamente a la torre desde esa ladera. Al sur hay un desnivel, configurando un talud que se sobrepone a la mota, marcado por un pequeño afloramiento granítico sobre el que quedan vestigios de un muro en mampostería (sector B) configurando una estructura cuadrangular

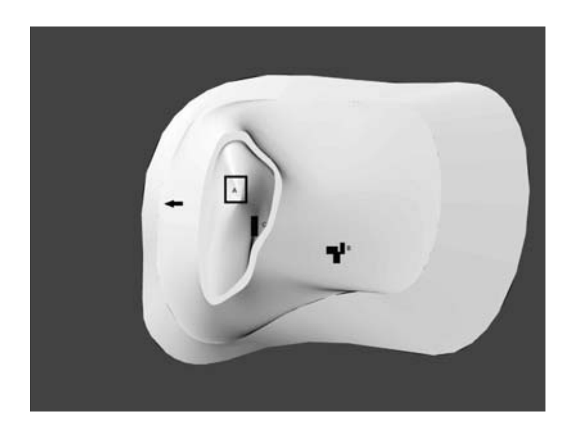


Figura 2
Croquis de la fortaleza (por Diego Nogueira)

(Miramontes 1987, 60). Si bien no hay restos en superficie de un recinto exterior que enlacen ésta con la construcción principal situada a 27 m, al suroeste de la torre se ha conservado parte de un posible muro de contención en mampostería (sector C). Más allá de la fortaleza en dirección sur hay varias viviendas y dependencias agrícolas.

La torre conservada presenta una excelente cantería de hiladas regulares, el relleno de los muros se realiza con losas, cascote y *xabre*. Los morteros empleados no resultan homogéneos. Algunos sillares presentan restos de un enfoscado muy rico en cal. Tiene una superficie interior de unos 36 m^2. En su lado sur hunde sus cimentaciones en el terreno mientras que, al norte, se apoya en varios afloramientos graníticos. El acceso se realiza desde el oeste a través de una puerta —bajo un arco ligeramente apuntado al exterior y una bóveda de arco rebajado al interior— elevada respecto al repecho de la pendiente. El interior de la torre se halla notablemente colmatado (restos de teja en superficie con una pasta poco depurada con inclusiones de cuarzo y carbón) con mayor potencia al este lo que, dado el desnivel de la elevación respecto al terreno circundante, apoyaría la existencia de un sótano. Se conserva en el lienzo sur una saetera alargada y abombada en su remate superior sin deriva ni abocinamiento, presenta dos huecos laterales y un ligero retalle interior. La planta superior se ha creado mediante un ligero retranqueo de los muros. Hay un segundo vano en esta planta que consiste en una amplia ventana al este en arco escarzano con *parladoiros* y con un cuidado despiece en su bóveda. Se han hallado muy pocas marcas de cantero en el conjunto: «A» y «X». Al exterior en la parte inferior del lienzo sur hay una línea de mechinales (Miramontes 1987, 63).

La fase de asentamiento de la fortificación no ha dejado elementos observables más allá de la primera plataforma artificial que es, pese a su alteración, anterior al resto de estructuras quedando amortizada en procesos posteriores. De tal manera, los restos de B y C muestran una mayor antigüedad que la cantería de la torre sin que, además, sea posible asociar estructuralmente la segunda elevación sobre la que se asienta la torre. Aunque resulta posible que la edificación de C responda a un refuerzo posterior del acceso, B y C responden a un segundo proceso de ampliación y complicación de la fortaleza. Si bien cabe tener en cuenta que el mal estado de todas las estructuras salvo A evidencia un amplio desmantelamiento debido tanto a la extracción de materiales constructivos como a la adecuación del entorno para labores agrícolas, por lo que el perfil de la plataforma terrera ha podido verse muy alterado.

La homogeneidad y buena calidad constructiva del sector A evidencian una amplia reestructuración de una posible edificación anterior, aunque hay muy pocas alteraciones en las canterías exteriores del lienzo sur que permitan afirmarlo, en todo caso esta posible estructura amortizada se encuadraría en el segundo proceso constructivo.



Figura 3
Aspecto de Cira y detalle de procesos constructivos (por Diego Nogueira)

Construcción y desarrollo de una arquitectura de poder

A pesar de las posibles (y tentadoras) implicaciones crono-tipológicas del sector A su identificación con la fortificación original de Cira en el siglo XII (Rodríguez 2008, 228) sería errónea puesto que hay al menos dos plataformas artificiales en tierra. Y, además, la variabilidad en la disposición, dimensiones y superficie útil puede indicar construcciones diferenciadas más allá de los parecidos tipológicos (Guinaudeau 2006, 175-178).

La fortaleza fue edificada antes de 1121 por el caballero Bermudo Suárez en tiempos de la prelatura de Gelmírez. Según la *Historia Compostelana* (Falque 1994, 365; López 1869, 188) se solicitó licencia previa a la mitra. Aunque existe un claro interés de la mitra en demostrar la primacía de la iglesia compostelana frente a los señores y la nobleza en lo que se refiere a la construcción y posesión de fortalezas dentro de la *Terra de Santiago*, puesto que pese a las apropiaciones que sufrirá la fortaleza, tras su compra por Gelmírez, se va cediendo en calidad de feudo.

Los términos de la documentación altomedieval no son especialmente detallados, apareciendo la fortaleza como *castellum*, *castrum* y *pennam*, lo que obliga a ser precavido puesto que tales términos no implican necesariamente unas edificaciones concretas y pueden emplearse como sinónimos (Verbruggen 1950). En este sentido, no se conocen las dimensiones reales de la fortaleza en su origen, pero al tratarse de una iniciativa de un pequeño noble local es más posible una estructura modesta y de escasas dimensiones. Comparándola con la lacónica descripción de otra fortificación mencionada en la *Historia Compostelana* (Falque 1994, 467) sólo puede señalarse la posible presencia de un *vallum* y una *fossa*.

En cambio, sí se tiene constancia de la profunda alteración de la percepción del territorio que supone la fortaleza desde su temprana aparición. Cuando se menciona en 1115 el territorio, antes de la erección de la fortaleza, se emplea como referencia un «castrum Biti» pero medio siglo después la situación cambia radicalmente y la cercana tierra de Deza limita con la del «castello Cirie ultra castrum Byti quod castrum continetur infra terminos Cirie» (Pallares et al 1992, 138; Lucas 1997, 214, 279-280). Y aunque resulta complicado intentar reconstruir los motivos de Bermudo Suárez para edificar una fortaleza en Cira en el siglo XII, parece probable que la cercanía del emplazamiento respecto a las vías de comunicación, una buena visibilidad del entorno y, especialmente, la concentración de propiedades y derechos en esa zona fueran las consideraciones principales por encima de otros aspectos estratégicos (Lowerre 2008). Para el prelado Diego Gelmírez la cuestión parece más clara ya que «el castillo llamado de Cira junto con sus dependencias era utilísimo y muy oportuno para su iglesia, pues estaba situado y fundado en medio del señorío de Santiago» (Falque 1994, 459-460).

Una vez superadas las pugnas con la nobleza y la monarquía Cira será una fortaleza propia de la mitra, siendo cedida a determinados nobles. El carácter reversible de este tipo de cesión no impedía la pervivencia de determinadas familias en la tenencia y el constante temor eclesiástico a la patrimonialización de lo cedido.

A principios del siglo XIV se asiste a una creciente debilidad del arzobispado frente a la monarquía y la nobleza territorial encabezada por Alonso Suárez de Deza, «ministrum Sathane» (Díaz et al 1983, 123-139). Por ello, hay noticia de varias destrucciones de fortalezas señoriales en el entorno de Cira de cara a reasentar la posición del arzobispado en la zona oriental de sus dominios (Díaz et al 1983, 141-147, 150-153). Tal vez este contexto requiriese una ligera complicación o replanteamiento de la fortaleza, no sólo por motivos defensivos sino por las perentorias exigencias de control del señorío arzobispal frente a la nobleza. Así parece evidenciarlo el hecho de que, a la altura de 1374, un escudero realizase pleito-homenaje directamente «ao señor arçobispo Rodrigo en sus maos por lo castelo Çira e torres e curral del...que o tobese e guardase e defendese por lo dito señor arçobispo» (AHDS, Fondo General, Jurisdiccional, 11, cuad. 3º, ff. 65-66r).[1]

En esto, Cira no fue un caso único puesto que en 1376 se lleva a cabo la reocupación de la fortaleza arzobispal de Xallas, insistiéndose en la reforma de sus defensas (ASPA, Condado de Altamira, 3A1/74, f. 12r). De cualquier manera, el recinto de la fortaleza de Cira descrito con cierta posterioridad sí guarda cierta semejanza con éste puesto que «la mota era muy fuerte... con un palancote forte que hiçieron en la delantera» (Aponte 1986, 253). A finales de este siglo, Cira es puesta en manos de familias nobles afines o directamente emparentadas con los arzobispos, primero los Gres y luego los Isorna, que ya poseían

importantes propiedades en el entorno de Cira y otras fortalezas arzobispales.[2] En este sentido, la cronología del segundo proceso constructivo es bastante laxa ciñéndose a los siglos XIV y XV. Especialmente el primero puesto que, a partir de entonces, la fortaleza sufrirá de un modo destacado el convulso enfrentamiento entre bandos señoriales.

No obstante, Cira permanece bajo la autoridad arzobispal hasta las primeras décadas del XV. En este momento es objeto de la codicia señorial, junto con la fortaleza coruñesa de Mesía, por situarse ambas en el entorno de importantes caminos y en territorios en los que se concentran intereses enfrentados (AHDS, Fondo General, Jurisdiccional, 11, cuad. 3º, f. 6). Dadas las constantes ausencias del arzobispo Lope de Mendoza se opta por asociar ambas fortalezas al pertiguero mayor de la Tierra de Santiago, Alonso de Mendoza, si bien con la necesidad de la intervención monárquica y la realización de un cerco efectivo en el caso de Mesía (AHDS, Fondo General, Jurisdiccional, 11, cuad. 3º, f. 31).

Los prelados posteriores mantendrán ambas fortalezas bajo el control de su hijo, Lope Pérez de Mendoza (AHDS, Fondo General, Jurisdiccional, 11, cuad. 3º, ff. 95-96). Pese a la relevancia lograda por el de Mendoza hubo de relacionarse con la casa de Moscoso, tras varios e intensos desencuentros iniciales, de cara a poder consolidar una zona propia de influencia más o menos al margen del predominio arzobispal (Aponte 1986, 175; Galbán 2011, 245). Esto llevaría al arzobispo Rodrigo de Luna a intentar evitar en vano la patrimonialización de ambas fortalezas con las tierras y señorío asociado (AHDS, Fondo General, Catálogos, nº 2, cuaderno suelto, ff. 58v; Jurisdiccional, 11, cuad. 3º, ff. 51v-56).

Tras la guerra irmandiña (1465-1469) y la muerte de Lope Pérez, la casa de Moscoso ocupa la fortaleza. Ésta resultaba de gran interés para consolidar sus posesiones más orientales, dando inicio a un intenso conflicto con el arzobispado con el asalto fallido a la fortaleza y el intento de captura del titular de la casa cuando se hallaba en ella. Este notorio fracaso arzobispal en el asalto directo tuvo como consecuencia el asentamiento de una fortificación en Pico Sacro y la reocupación de la antigua fortaleza de Alcobre, que los Moscoso no consiguieron tomar, de cara a forzar la posición de preeminencia lograda en la zona por Lope Sánchez de Moscoso gracias a Cira, ya que ambas fortalezas «daban grande afrenta» (Aponte 1986, 192).

La casa de Moscoso, pese a las reclamaciones arzobispales ante la Corona (AGS, 1454-1475, f. 343), logra defender efectivamente su señorío, ocupar temporalmente Pico Sacro, obtener el desmantelamiento de Alcobre, mantener Cira y, con ello, prácticamente la totalidad de su red de fortificaciones más orientales. Al poco Lope Sánchez de Moscoso obtiene el título de Conde de Altamira. Aunque los conflictos con la mitra y, con ellos, la necesidad y la oportunidad de mantener la fortaleza de Cira estaban lejos de haber terminado.

Arquitectura y espacio señorial

En los últimos años se ha venido señalando el papel destacado que tuvo en el planteamiento y diseño de la arquitectura señorial la percepción privilegiada del entorno, la generación de una manera determinada de verlo y el acceso limitado a los espacios arquitectónicos creados (Fairclough 1992, 362; Creighton 2009, 2011). Pese a la complejidad que supone intentar este tipo de análisis, no exento de sus propios dificultades (Liddiard y Williamsom 2008, 525-527), en un registro tan alterado por el tiempo, puede afirmarse con claridad en Cira la existencia de este tipo de diseño en la transición del siglo XV al XVI, coincidiendo precisamente con la titularidad de los Moscoso sobre la fortaleza.

Desde luego los Moscoso estaban llevando a cabo reformas en este período en otras fortalezas como Altamira o Mens, pero el caso de Cira resulta si cabe el más paradigmático. Se trata de unas obras bien conocidas documentalmente pero complicadas a nivel interpretativo. De tal manera, las dificultades experimentadas en el enfrentamiento con el arzobispado se habían intentado solventar con el enlace matrimonial entre Lope Sánchez de Moscoso y Aldonza de Acevedo. Éste supone para los Moscoso un paso más hacia la patrimonialización de Cira mientras que, desde el punto de vista de la mitra, se conseguía convertir nuevamente la fortaleza en un feudo de concesión arzobispal y con ello el reconocimiento de la autoridad jurisdiccional pese a que el titular de la casa de Moscoso obtenía la pertiguería mayor de Santiago. El fin de la guerra abierta no acabó con el problema jurisdiccional puesto que nadie aceptó volver a la situación previa, algo a lo que no ayudó el suicidio de Aldonza en 1491 (ACS, IG 705/59, ff. 411-412; Aponte 1986, 202) que,

en todo caso, planteaba nuevamente la cuestión de la propiedad y titularidad de una fortaleza ubicada en un punto muy sensible para el arzobispado.

A pesar de que se supone que las medidas de los Reyes Católicos a finales del XV habrían logrado la pacificación del Reino de Galicia, y un cierto sometimiento de la nobleza, no puede afirmarse que el temor a sufrir acciones violentas, o un conflicto abierto, no fuera un motivo de fondo para los propietarios de una fortaleza. Lo que resulta más cierto en el caso de Cira, puesto que a la ofensiva judicial contra los Moscoso se le añaden ciertas violencias ocasionales siguiendo las formas propias del enfrentamiento interseñorial. Incluyendo la apropiación del «pan de Cira» o «quando el señor Arçobispo fue sobrella» (García y Portela 2003, 430), e incluso C. Barros (2008, 207) menciona un conato de enfrentamiento armado varias décadas después, ya muy avanzado el proceso judicial.

La edificación realizada por los Condes de Altamira en Cira, el tercer proceso constructivo de la fortaleza, no era una amplia reforma poliorcética, no hay trazas de que se realizaran añadidos atendiendo específicamente a los nuevos usos de la guerra. Por otro lado, el estado defensivo de la fortaleza había demostrado su adecuación a las necesidades de la casa sin requerir tales reformas, aunque se mantenga la presencia de una saetera dominando los aproches. Así pues la explicación de la obra parece obedecer más a motivos simbólicos que bélicos, especialmente en un contexto marcado por el enfrentamiento judicial y los repentinos cambios en la titularidad del condado. Una obra en la fortaleza demostraría de un modo expeditivo la voluntad señorial de permanencia. Ésta, además, se limitaría al sector más importante de la fortaleza en lo que se refiere al ejercicio del poder señorial, esto es, la torre en la que se aúnan las vertientes pública y privada de la fortaleza. En otras fortalezas condales, como la de Altamira, cabe la posibilidad de aumentar el espacio construido añadiendo nuevas estructuras intramuros, en las que privilegiar arquitectónicamente las vertientes más aparentes del ejercicio del poder satisfaciendo las exigencias de espacio y confort propias del período. Por el contrario, en Cira el espacio disponible es limitado, a no ser que se reforme totalmente el conjunto inutilizando temporalmente la fortificación. Por ello, el realizar tales obras cumple una motivación práctica, es una respuesta expeditiva que permite afianzar el señorío pero sin aumentar ni disminuir la capacidad bélica del conjunto.



Figura 4
Vanos del sector A. Puerta, saetera y detalles de la ventana de la planta superior

Por tanto, las obras (c. 1502-1511) del maestro de la obra de Cira, Juan de la Syerra, alteraron fundamentalmente el aspecto de la fortaleza sin cambiar su planta. Si bien el costo no es aparentemente excesivo, c. 29.699 mrs contabilizados, la propia realización de la reforma es *per se* una demostración de poder y dominio.3 Primero, por la movilización de unos recursos que incluyen las rentas de Cira y las de la cercana merindad de Borraxeiros, y también dos «guindaresas», dos carros de cal, vino de Laxe y Ribadavia, cinco varas de paño de Londres y un bonete para de la Syerra y, finalmente, la piedra, traída desde una cantera situada a una decena de quilómetros del enclave.4 Segundo, la organización y disponibilidad de individuos que supone puesto que, al margen del propio maestro con los canteros y el herrero «que enderçaba la ferramenta», los labradores del entorno contribuyen «en presentes e en días de ajuda o merino» o «los del Biso por razón de la piedra que avian de traer» (García y Portela 2003, 280, 429-435). Lo que reafirma que se «fizo llebantar la fortaleza de Cira e que la tierra le serbia de piedra e de madera» (Rodríguez 1984, 82), esto es, la construcción es en parte un ejercicio de poder y de jurisdicción.

Pese a que resulta complicado ubicar que fue reformado en la fortaleza en estos momentos la hipótesis más plausible es el sector A, al margen de que ya

hubiera una estructura previa similar. Hay varios indicios a favor de esto. En primer lugar, en 1556 se llega a un acuerdo y concordia entre el arzobispado y los Moscoso que obliga a una visita a las fortalezas en litigio para realizar una nueva toma de posesión «y, en señal della, luego entró por las puertas principales... y de allí se fue por otras puertas más adentro de la fortaleza...y se anduvo paseando por ella y por el alto y el baxo y por algunas partes de la barbacana della...mandando que se adreçasen y reparasen los muros de la barbacana y otros edificios» (AHDS, Fondo General, Jurisdiccional, 11, cuad. 2º B, f. 56). En segundo lugar, la torre en la que se realizan las audiencias y la cárcel de la fortaleza estaba en buen estado y a pleno uso antes de la visita y durante la misma (AHUS, Clero, Mitra, leg. 53; ACS, P. 023, ff. 137-138; ASPA, Condado de Altamira, 3A2/102). En tercer lugar, analizando en conjunto las alusiones ya mencionadas de Aponte (1986, 192) y fundamentalmente la descripción del intento de traición en Cira contra Lope Sánchez de Moscoso —en el que «cinco de sus escuderos del conde... concertaron de matar a Garçía Martiz de Barbeira y prender al conde» y en la que se menciona que García Martiz «acogiose a una torre echando apellido»— se está mostrando con cierta fiabilidad el espacio de la fortaleza a la altura de la década de los veinte del siglo XVI, una fortaleza con una cerca externa, un acceso protegido y una torre elevada sobre una mota dominando el conjunto. Por último, la calidad y vida útil de la fábrica en piedra realizada a principios del XVI no se habría deteriorado tan rápido, por lo que los edificios y estructuras a reformar debían ser los más avejentados del conjunto.

Desde luego la torre dominaba toda la fortaleza y gran parte del territorio circundante, en el que se concentran las propiedades señoriales. Al lado de la fortaleza en primer término con las «herdades e prado e ortas e moyno darredor da forteleza», más allá con numerosas fincas y algún pazo con un marcado carácter agrícola pero de un modo destacado en el entorno del río pues «nenguun non ten nada nada en los rios e resyos se non o señor da terra» (García y Portela 2003, 292-294). Incluso en Ponte Ledesma aparecen una cárcel, una casa de posta e incluso se realizan habitualmente audiencias «en el lugar y parte donde dixeron que se suele y acostumbra azer en nombre del dicho Conde de Altamira e por sus justiçias e merino» (AHDS, Fondo General, Rentas y Bienes Beneficiales, 11, cuad. 2º A, ff. 52v-53r). Así, en el territorio a la vista de la fortaleza se concentran elementos e infraestructuras señoriales sujetos a los condes, a sus merinos y, en definitiva, a su fortaleza. Sin entrar a señalar la presencia de otras propiedades de afines y servidores de la casa adquiridas o cedidas por los condes para mantener y favorecer su fidelidad (García y Portela 2003, 114, 289-291, 487; Lucas 1999, 485; AHUS, Protocolos, S-55, f. 15v).



Figura 5
Cira vista desde la zona de Noente al norte

La percepción del papel territorial de la fortaleza depende precisamente de la perspectiva escogida. Para unos la fortaleza era un peligro para el arzobispado «para asegurar el camino de la Puente Ledesma para Sanctiago porque avia en el ladrones y tanbien para asegurarse de los de la tierra de Çira que heran enemigos» aunque, para otros, las fortalezas presentaban una gran utilidad puesto que «en aquellos caminos de alderredor del dicho Pico Sacro nunca solian robar ni andar malhechores porque los aseguraba muy mejor la Barrera e la Ruecha Fuerte e la Iglesia de Santiago e la çiudad e Çira que confina alli çerca».[5]

En este sentido señalar que desde la ventana del sector A de Cira, la parte más privada, reservada e inaccesible de la fortaleza, se ve algo que es más que el mero paisaje no es un ejercicio de imaginación sino de realismo. Ello no implica que los labradores de la zona se sometieran servilmente a la jurisdicción señorial porque había una fortaleza, o que el cobro

de rentas por parte de los agentes señoriales no entrañase ciertas dificultades. Tampoco que los condes no tuvieran problemas notables para mantener su señorío ante sus propios criados y oficiales, que abusaban de su cargo y posición apropiándose también de las propiedades de su señor, comenzando por el propio alcaide de la fortaleza.

El acuerdo final con la mitra a mediados del XVI es ciertamente el elemento más expresivo del significado simbólico del espacio construido y su íntima relación con el territorio puesto que no se pretende con el reconocimiento del feudo, sobre la «fortalitium, arcem ac jurisdictionem Zira», otra cosa que permitir el acceso del arzobispo y los suyos al interior de la fortaleza y la toma de posesión final se realiza dentro de la propia torre tras recorrer todas las habitaciones y dependencias de la fortaleza. En la concordia se integra, además, plenamente la cárcel de la fortaleza en el sistema jurisdiccional de la mitra o, al menos, se acepta su superioridad ya que si «aliquem delinquentem... mitterem debitur misserent ad fortalitium Zirae predittum et eidem domino comiti... seu eorum castellanis... consignauerint in castro seu fortalitio Zira prefato, illam cum suis custodibus [et] militibus et personis... expendis dictis ic carcerati» (AHDS, Fondo General, Rentas y Bienes Beneficiales, 11, cuad. 2º A, ff. 3r-8r).

Decadencia arquitectónica

Se ha señalado la motivación territorial para edificar la fortaleza. Este elemento también estaba presente en la elección de los Gres y los Isorna como tenentes arzobispales de Cira, igual sucede con los problemáticos Mendoza y, por descontado, con los Moscoso. Si bien estos últimos concentraron un buen conjunto de propiedades en la zona y supieron mantenerlo con éxito más allá del Medievo a la par que mejoraban y modificaban el aspecto de la fortaleza. Aunque esto último no fue para su beneficio propio sino para el de unos servidores que a lo largo de la Modernidad irían acumulando propiedades en la zona, al tiempo que los condes se iban distanciando más de sus propiedades gallegas. Con lo que pese a la decadencia de la fortaleza se facilita que los administradores condales pasaran a residir y ejercer las funciones señoriales en las inmediaciones de la fortaleza desde sus propias residencias.

De hecho, las connotaciones simbólicas de la fortaleza facilitaron esta nueva asociación de arquitecturas pero sin que ello implicase el uso continuado de la fortaleza más allá de los siglos XVII y XVIII, en los que la fortaleza comienza su decadencia. Es decir, se invierte el núcleo de la arquitectura y el espacio señorial. Ya no es una percepción propia de los titulares de Cira, ver desde la fortaleza, sino la de sus administradores, ver la fortaleza. Cira se convierte en decoración, no en un elemento activo capaz de articular el territorio sino en una estructura destinada a la mera ostentación frente a otras arquitecturas realmente funcionales con un carácter más apropiado para la explotación agrícola y la captación de rentas.

En todo caso, la desfuncionalización de la fortaleza es progresiva. El reconocimiento de la hidalguía de José Isla de la Torre, alcalde mayor del condado de Altamira y vecino de Cira, a principios del XVIII se realiza ante sus convecinos en el atrio de la iglesia parroquial y no en el entorno de la fortaleza (ARCHV, Sala de Hijosdalgo, Caja 1077, exp. 52, ff. 39-40). Y eso que éste debía residir al pie de la fortaleza, puesto que durante su administración «se hizo al pie vna casa para abitación de los jueces» (AGEP, Moscoso, 12). Estas nuevas dependencias emplearían probablemente la excelente cantera que suponían las estructuras exteriores (sectores B y C) de la fortaleza, realizadas en peor técnica y con menos calidad en sus materiales. Lo que, además, explica el engañoso aspecto actual de la fortaleza. Así, los herederos de José Isla recibirían no una compleja fortaleza en uso sino «El lugar del Castillo en Cira con la casa principal y otras dos para caseros» (ASPA, Condado de Altamira, 3B2/150).

A lo largo del XIX la propiedad se divide, una parte se dona a caridad y la otra es aforada para aprovechamiento agrícola. En 1850 el condado dona la piedra restante de la fortaleza para reparar una iglesia cercana. Pero los propietarios no contaban, paradójicamente con el hecho de que el aforado que explotaba la finca se negase a permitir tal acción ya que «la conserbación (*sic*) del castillo o paredes de una torre antigua que ecsiste(*sic*), aunque no completa, dentro del circundado que toma el nombre de aquel, es visto fue comprendido en dicho foro la piedra que constituye el promontorio de la torre o ruina antigua...y desposeído el conde del dominio útil» (ASPA, Condado de Altamira, 3C2/242; 3E4/451, f. 8).

Conclusión

Podría afirmarse que Cira no responde a una edificación destinada primordialmente a la defensa pero en su arquitectura hacía patente unos rasgos coercitivos explícitos, ya que no deja de ser una fortificación si bien en el registro actual no se han conservado suficientes elementos. Este breve análisis no pretende una explicación unívoca de los motivos que presiden la construcción de una fortaleza. Cira, es una respuesta específica a unos condicionantes muy concretos a nivel histórico y territorial para el asentamiento de un poder señorial. Aducir una fuerte motivación simbólica para la reforma de la fortaleza, que se corresponde con la parte mejor conservada del registro arquitectónico actual, no implica negar la necesidad de defensa del señorío de los Moscoso frente al arzobispado incluso en un período menos abundante en enfrentamientos bélicos. La arquitectura fortificada conlleva una serie de elementos a nivel de mentalidad y cultura que hacen idónea la opción de reformar una fortaleza sin potenciar su capacidad ofensiva puesto que se refuerza la presencia señorial y se facilita el ejercicio jurisdiccional frente al contrario. Por supuesto, existen otras arquitecturas, como pazos o iglesias, que pueden presentar elementos propios de las fortalezas señoriales pero sólo como imitación y como evocación simbólica de una fortaleza a la que no se puede sustituir del todo. Así, desde Cira se controla, interfiere y domina un territorio que el arzobispado busca controlar puesto que como fortaleza es la unión de un edificio, una materialidad, un territorio, un poder y una voluntad dispuesta al ejercicio de unos derechos asociados a todo ello.

Notas

1. Se emplean estas abreviaturas: Archivo de la Catedral de Santiago-ACS, Archivo Genealógico Eduardo Pardo-AGEP, Archivo General de Simancas-AGS, Arquivo Histórico Universitario-AHUS, Archivo Histórico Diocesano de Santiago-AHDS, Archivo Diputación de Pontevedra-ADP, Archivo Real Chancillería de Valladolid-ARCHV, Arquivo do Reino de Galicia-ARG y Archivo de San Paio de Antealtares-ASPA. Se indica fondo y signatura.
2. Vid. Rodríguez 1995, 145; González 1996, 170-171; Pardo 2001, 66-67, 70, 87, AHUS,Clero, Mitra, leg. 133, pz.3; ASPA, Condado de Altamira, 3A1/77; AHDS, Fondo General, Jurisdiccional,11, cuad. 4º, doc. 2; Catálogos, nº 2, cuaderno suelto, f. 8r. En el XVI hay constancia de la «Torre de Gres que está en el partido de Cira» (ASPA, Condado de Altamira, 7/842).
3. Aunque cabe destacar precisamente que con posterioridad se indica que Cira «fue muy célebre por su costosa fabrica y seguridad» (AGEP, Moscoso, 12) ello puede referirse también a los gastos en reparaciones posteriores.
4. Teniendo en cuenta la referencia a Viso hay dos posibles ubicaciones: S. Cristovo de Dombodán (16.80 km al NE) o Sto. Estevo de Lagartóns (12.33 km al SO).
5. Vid. Rodríguez 1984, 180, 267,309, 378-379, 507, 560, 570-572 y cf. 302, 318, 327, 359-360, 364, 452, 458.

Lista de referencias

Aponte, Vasco de. 1986. *Recuento de las casas antiguas del Reino de Galicia* (Díaz, M. et al, eds.). Santiago de Compostela.

Barros, Carlos. 2008. «Las guerras de los caballeros en la Galicia Medieval». *Norba, Revista de Historia* 21: 205-212.

Creighton, Oliver H. 2011. «Seeing and Believing: Looking out on Medieval Castle Landscapes». *Concilium medii aevi* 14: 79-91.

Creighton, Oliver H. 2009. *Designs Upon the Land. Elite landscapes of the Middle Ages.* Woodbridge.

Díaz, Manuel C. et al. (eds). 1983. «Hechos de Don Berenguel de Landoria. Introducción, edición crítica y traducción anotada». *Compostellanum* XXVIII: 7-162.

Fairclough, Graham. 1992. «Meaningful constructions – spatial and functional analysis of medieval buildings». *Antiquity* 66: 348-346.

Falque, Emma (ed.). 1994. *Historia Compostelana*. Santiago de Compostela.

Galbán, Carlos J. 2011. «Señor, non sejas ataúd de tus criados. Una aproximación a los afines de la casa de Moscoso (c. 1411-c. 1510)». *Anuario de Estudios Medievales* 41/1: 235-272.

García, José y Portela, María José. 2003. *La casa de Altamira durante el Renacimiento. Estudio introductorio y colección diplomática*. Santiago de Compostela.

González, Marta. 1996. *El arzobispo de Santiago: una instancia de poder en la Edad Media (1150-1400)*. A Coruña.

Guinaudeau, Nicolas. 2006. «Les ouvrages de terre fortifiés dans les cantons de Samatan et Lombez entre le X^{e} et XV^{e} siècle». *Bulletin de la Société Archéologique, Historique, Littérair et Scientifique du Gers* 380: 163-193.

Liddiard, Robert y Williamsom, Tom. 2008.There by design? Some reflections on Medieval Elite Landscapes. *Archaeological Journal*, 165: 520-535.

López, Antonio. [1869] 1960. «El castillo de Cira». *Compostellanum*, V: 187-191.

Lowerre, Andrew G. 2007. «Why here and not there? The location of early Norman castles in the South-Eastern Midlands». *Anglo-Norman Studies* 29: 121-144.

Lucas, Manuel. 1997. *La documentación del Tumbo A de la Catedral de Santiago de Compostela. Estudio y edición*. León.

Miramontes, María Xesús. 1987. *As fortalezas baixomedievais en Galicia: unha aproximación histórica a partir do estudo dos restos materiais e das descripcións do preito Tavera-Fonseca*, Tesis de licenciatura-USC. Santiago de Compostela.

Pallares, María del Carmen et al. 1992. «La tierra de Santiago, espacio de poder (siglos XII-XIII)». *Semata* 4: 133-174.

Pardo, Eduardo. 2001. «Parentesco y nepotismo. Los arzobispos de Santiago y sus vínculos familiares. Siglos XIV-XV». En *Los coros de catedrales y monasterios: arte y liturgia*. Coordinado por R. J. Yzquierdo, 63-119. A Coruña.

Peinado, Narciso. 1969. «Fortalezas olvidadas, El castillo de Cira». *Castillos de España* 66: 311-318.

Rodríguez, Álvaro. 2008. «Comunidades rurales, poderes locales y señorío episcopal en la tierra de Santiago de los siglos V a XI: una visión desde el registro arqueológico». *Munibe Antropologia-Arkeologia* 59: 219-245.

Rodríguez, Ángel (ed.). 1984. *Las fortalezas de la mitra compostelana y los irmandiños*. 2 vols. Pontevedra.

Rodríguez, Ángel (ed.). 1995. *O Tumbo Vermello de Don Lope de Mendoza* (Cuadernos de Estudios Galegos, anexo XXIII). Santiago.

Stoker, David. 1992. «The Shadow of the General's armchair». *Archaeological Journal* 149: 415-420.

Taboada, Jesús. 1963. Los Castillos. *Cuadernos de Arte Gallego*, 24. Vigo.

Verbruggen, Jan Frans. 1950. «Note sur le sens des mots castrum, castellum, et quelques autres expressions qui désignet des fortifications». *Revue belge de philologie et d'histoire* 28: 147-155.

El medievalismo decimonónico como base de la restauración monumental romántica en España

Silvia García Alcázar

El siglo XIX supuso en nuestro país el establecimiento de las bases para el desarrollo de la teoría y la practica de la restauración monumental moderna. Gracias a los debates, avances y logros conseguidos entonces se consiguió dar forma a un campo ocasionalmente abordado en siglos anteriores que se encontraba falto de una sistematización.

La época decimonónica española se caracterizó por una gran convulsión social y política que acabó generando graves consecuencias sobre el patrimonio monumental. Paradójicamente, y de manera paralela, fue entonces cuando comenzaron a desarrollarse las principales teorías restauradoras en nuestro país, las cuales serían puestas en práctica ya en aquellos días, en algunos casos con más fallos que aciertos.

El Romanticismo que se venía fraguando desde el siglo XVIII se asentó en España de manera definitiva y con más fuerza desde la década de los años 30 del siglo XIX y con él llegó una nueva forma de ver el arte y los monumentos. El movimiento romántico rechazó de pleno el academicismo y acabó con la jerarquía de estilos en cuya cúspide se encontraba el Clasicismo. El hombre comenzó a tener protagonismo en el ámbito estético pudiendo, por fin, juzgar el arte y la estética de manera subjetiva al margen de normas establecidas. De este modo, comenzaron a valorarse estilos hasta entonces olvidados en la creación artística como eran los estilos medievales vistos como una nefasta manifestación de la época oscura por excelencia.

De este modo, se volvió la vista a la Edad Media intentando recuperarla en todos los ámbitos (pintura, escultura, arquitectura, literatura) y esa recuperación se quiso materializar a través de la restauración de algunos de los más importantes monumentos de nuestro país. Las grandes catedrales góticas se erigieron, como estaba ocurriendo en Inglaterra, Francia o Alemania, como sujetos estéticos a los que se les unían importantes contenidos religiosos y políticos. Se restauraron entonces íconos del patrimonio mundial como Notre Dame de París por parte de Viollet-Le-Duc y a través de su conocida «restauración en estilo».

El Medievalismo romántico como triunfo del subjetivismo en el arte

Con el establecimiento durante el siglo XVIII del Clasicismo como estilo por excelencia en el ámbito artístico y el acusado intervencionismo de las academias, el mundo de la creación y el gusto artísticos se encontraba totalmente limitado a un lenguaje «a la romana». Igualmente, existía una importante jerarquía de estilos donde la Edad Media y el Barroco eran totalmente denostados. La primera era considerada como un nefasto episodio situado entre dos épocas gloriosas para el arte (Antigüedad y Renacimiento) suponiendo un episodio oscuro afortunadamente solventado con la vuelta de las formas clásicas. El segundo era tachado de excesivamente decorativista y de contar con escaso gusto estético concepción que se mantuvo en los primero compases del XIX (García, 2009).

Pero esa situación comenzó a cambiar gracias al empuje del Romanticismo y su nueva forma de ver el arte donde el gusto personal se anteponía a cualquier mandato academicista. Se inauguraba con ello la «psicología del yo» donde cualquiera en tanto que individuo podía juzgar lo que era bueno o malo en el arte, al margen de las normas estéticas establecidas hasta el momento por parte de las academias artísticas. Además, esa filosofía se encontraba plenamente enraizada con el surgimiento y estudio de las nuevas categorías estéticas de lo *bello*, lo *sublime* y lo *pintoresco*.

El origen de esa universalidad del gusto lo podríamos rastrear hasta el siglo XVII en figuras como Joseph Addison (1672-1719) quien sentó las bases del subjetivismo en su conocida obra *Los placeres de la imaginación* (Addison, 1991, 131-132). Addison unió constantemente la consecución del placer a los sentidos del hombre, anteponiendo la vista a todos los demás.

Este nuevo pensamiento se consolidó ya en la Ilustración a través de la filosofía de Kant quien anticipó lo que sería la gran revolución ideológica en su *Crítica del juicio* de 1790 (Kant, 1989, 101-102), al apuntar que la experiencia estética surgía del sentimiento de la persona: «(la belleza) no es nada por sí misma, sin relación al sentimientos del sujeto». Esa sensación placentera común a todos los hombres era la Belleza la cual era difícil de definir por estar relacionada con el sentimiento y el gusto. De este modo, la Belleza dejaba de ser impuesta para surgir de la experiencia del individuo con lo que se daba vía libre a la validez de los juicios de gusto, permitiendo con ello la valoración de la Edad Media y sus manifestaciones artísticas (Bozal, 1991, vol. 2).

De este modo la imaginación y el subjetivismo se colocaron en la base de la teoría del arte romántico. El artista romántico desdeñaba la realidad cotidiana en favor de proyectos imaginativos en los que volcar sus inquietudes espirituales. Tanta fue la importancia de la imaginación que el Romanticismo se asoció irremediablemente con lo mágico, lo sugestivo y lo nostálgico.

Por tanto, podemos ver como el Romanticismo supuso una etapa de ruptura, de novedad y, como no, de modernidad al margen de los preceptos férreos establecidos. El propio Schlegel, uno de los principales ideólogos del movimiento, consideraba abiertamente que lo romántico y lo moderno eran completamente sinónimos apostando por revestir el término de un carácter positivo inusitado (Furst, 1969, 1).

Este cambio de mentalidad hizo que uno de los aspectos más destacados del Romanticismo tomara forma: la recuperación de la Edad Media. La identificación entre ésta y los intelectuales y artistas románticos fue tal que la vuelta a la misma se estableció como seña de identidad de todo el movimiento cultural.

Fue precisamente durante el siglo XIX cuando el término genérico de Edad Media hizo acto de presencia, así como se colocaron las bases para conseguir dejar atrás la imagen oscura del medievo y para abandonar definitivamente el concepto de *Dark ages.* El concepto de «medievalismo» habría sido ideado por el crítico de arte John Ruskin, el cual dotó al término de significado en relación a la arquitectura realizada durante los siglos medievales. Igualmente, él habría utilizado el término para referirse a los modos de pensamiento de aquella época, también para hacer alusión a la noción o gusto por las ideas y costumbres medievales así como para denominar el estudio de todo ello. Esta mitificación de la Edad Media llevada a cabo durante el XIX consistió en que las épocas pasadas pudieran mantenerse asequibles para después poder ser usadas de nuevo como referentes (Sanmartin, 2004, 232-233).

Rebeca Sanmartin ha sugerido igualmente en relación a esa vuelta a lo medieval (especialmente y con más fuerza desde el último tercio del siglo tal y como se constata a través del interés por la recuperación de monumentos en nuestro país), que ésta se usó como un discurso útil para reconducir una fase de pérdida de fe en lo absoluto provocada por el avance de la ciencia. De ese modo, la vuelta del medievo significaba en realidad una cierta recuperación espiritual acudiendo para ello en muchas ocasiones a los emblemas de la religión cristiana como lo eran algunos monumentos (Sanmartin, 2000, 332).

El Medievalismo español estuvo vinculado a las aportaciones, cargadas de imaginación, que desde el extranjero se hicieron sobre el país y su patrimonio. En este sentido, los viajeros y estudiosos tuvieron un importante papel, en especial los británicos quienes alabaron notablemente nuestras grandes catedrales y su buen estado de conservación, a pesar de los avatares bélicos decimonónicos, en comparación con las catedrales francesas (Mateo, 2000, 18).

En el ámbito artístico decimonónico se ensalzó es-

pecialmente el arte gótico siendo tomado como referencia para la nueva creación arquitectónica de tinte neogótica así como permitiendo crear una importante conciencia de recuperación del patrimonio monumental gótico. El gótico era el dueño de los contenidos por varios motivos: por una parte, suponía la encarnación del clasicismo de la Edad Media por ser el estilo que representaba la belleza formal y espiritual de la época; por otro lado, era la suma representación de la fe cristiana; y, finalmente, porque manifestaba un destacado sentido histórico.

En este sentido y adentrándonos ya en el campo de la restauración monumental, hubo dos personajes primordiales que ayudaron a dar vida a esa recuperación ideológica y material del gótico, al generar un nuevo corpus teórico y estético en el mundo de las artes decimonónicas: Eugène Emmanuel Viollet-Le-Duc (1814-1879) y, el anteriormente reseñado, John Ruskin. Igualmente, fueron los autores de las más relevantes teorías restauradoras del momento, donde la gran catedral gótica se convirtió en el objeto fetiche y destino de la mayor parte de sus intervenciones.

El primero fue escritor, dibujante y arquitecto y ha sido considerado como el principal defensor de la restauración como disciplina científica, siendo el creador de la primera teoría amplia y coherente de la restauración arquitectónica que él mismo ejemplificará a través de numerosos casos prácticos. Su formación estuvo regida por las reglas del floreciente Romanticismo*,* movimiento con el que estuvo en contacto gracias a su círculo familiar (Arrechea, 1998, 86-87). Su denominada «restauración en estilo»*,* basada en intervenciones que se asemejaban lo máximo posible al estilo original del edificio (logrado gracias al llamado «método filológico»), se encaminó sobre todo a la recuperación de los edificios góticos. Viollet encontró en el gótico el modelo a seguir por considerar que en él se unían la lógica mecánica, la diversidad de gustos y la proporción de escala humana, lo que lo convertía en un sistema modélico de construcción en contraposición a la arquitectura clásica. Sus pensamientos acerca de la edilicia gótica quedaron plasmados en su *Dictionnaire raissoné de l´architecture français de XIe au XVIe siècle,* concretamente en su artículo «Construcción» (Rabasa y Huerta, 1991, xxi).

Él conocía minuciosamente las principales catedrales góticas francesas a las que se había acercado siendo muy joven. Esto le había permitido estudiar los edificios en profundidad hasta lograr dar una explicación totalmente racional a cada uno de los elementos que los conformaban. Hasta el más mínimo detalle parecía, a los ojos de Viollet, estar pensado para jugar un papel irremplazable en el gran engranaje de la maquina gótica por excelencia: la catedral. Por este y otros motivos, no dudaba en calificar al gótico como el referente constructivo por excelencia que debía servir de modelo a seguir para la arquitectura de su tiempo así como para la venidera.

Para Viollet la historia constructiva medieval podía ser puesta en relación con la historia general de la arquitectura pero el medievo siempre sería un episodio sobresaliente en la misma, especialmente el gótico que era el paradigma por excelencia. Sabemos que sus planteamientos racionalistas se asentaron en un gran pilar que también se encontraba en las bases del *Romanticismo*: la importancia de la Historia o, lo que es lo mismo, el *zeitgeist* alemán. Todo ello le llevó a exaltar como el mayor de los románticos la arquitectura gótica anteponiéndola, irremediablemente, a la rectitud y supuesta frialdad de la edilicia clásica y sus allegadas:

> La construcción gótica no es en absoluto como la antigua, rígida y absoluta en sus procedimientos; es flexible, libre e inquieta como el espíritu moderno; sus principios permiten aplicar todos los materiales que ofrece la naturaleza o la industria en función de sus propias cualidades; jamás se detuvo ante una dificultad, es ingeniosa: esta palabra lo dice todo (Argan, 1977, 57).

La libertad que implicaba tener el subjetivismo como apoyo, le permitía ensalzar al gótico hasta hacerlo figurar con un carácter ejemplificador para los arquitectos decimonónicos instando, asimismo, a virar la dirección que el arte había tomado en los últimos años.

El concepto de libertad no solo estaba presente en sus pensamientos y manifestaciones sino que era una noción que él atribuía a la propia arquitectura del medievo. Con ello, la citada edilicia se hacía versátil y fácilmente recuperable para otras épocas. Esta contundente defensa de la construcción medieval, le llevó a plantearse incluso aspectos etimológicos en relación al adjetivo de «bárbaro» que había recaído tradicionalmente sobre el medievo y sus manifestaciones artísticas. La palabra «bárbaro» hacía referencia a lo salvaje, lo cruel, a una persona poco instrui-

da, pero Viollet a través de sus reflexiones concluyó que el arte debía ser analizado de manera individualizada y al margen de este y otros apelativos (Dols, 1976, 51).

En 1866 fue publicado el octavo volumen de su *Dictionnaire raisonné de l´architecture française* dónde Le-Duc incluyó un artículo en el que dejaba clara su visión, más que discutible desde la perspectiva actual, de la restauración. Su concepción de la misma se encontraba marcado por su pasión hacía el medievo y su intento de volver a él también desde el punto de arquitectónico. Así, defendía el hecho de devolver la supuesta imagen original de los edificios medievales con el fin de recrea la Edad Media en pleno siglo XIX. Por ello, definía el término de «Restauración» del siguiente modo:

> La palabra y la cosa son modernas. Restaurar un edificio no es mantenerlo, ni repararlo, ni rehacerlo, es devolverlo a un estado completo que pudo no haber existido nunca (Le-Duc, 1875, 8: 14).

En consecuencia y para lograr ese objetivo no dudó en recurrir a la reconstrucción entendiendo ésta no solo como recuperación física sino también como recuperación de sus usos tal y como se desprende de su artículo en el *Dictionnaire*.

Para Le-Duc, era posible establecer una interpretación de la arquitectura de cualquier momento de la historia. Esto implicaba una apertura ideológica que suponía la ruptura con el clasicismo absoluto, fenómeno que debemos entender en relación a la ausencia de reglas teóricas sólidas por parte de la Academia francesa. Aquí encontramos la base del posterior eclecticismo y de la revalorización de los estilos medievales. Entre ellos, Viollet encontró en el gótico el modelo a seguir por considerar que en él se unían la lógica mecánica, la diversidad de gustos y la proporción de escala humana, lo que lo convertía en un sistema modélico de construcción en contraposición a la arquitectura clásica (Arrechea, 1998, 90-95).

Por su parte, John Ruskin (1819-1900), fue crítico de arte, literato y sociólogo, así como un importante moralista y creyente. Desarrolló sus teorías en el ámbito inglés, muy influido por el pintoresquismo romántico y en un momento donde se daba el *gothic revival*. Fue descubridor y defensor de la *Escuela Pre-rafaelista* así como el principal azote de las teorías de Viollet-Le-Duc a pesar de que jamás se manifestó en contra de aquel o de sus restauraciones ya que abogaba por la «intocabilidad» de la arquitectura del pasado al considerarla como signo irremplazable de la actividad humana, fruto de unas circunstancias concretas que la hacían digna de conservación.

Destacó especialmente por ser igualmente un ferviente defensor de la arquitectura medieval por cuyos estilos sentía verdadera admiración aunque, como continuador de los pensamientos de Pugin, se sintió más cercano al edificio gótico que a ninguna otra manifestación arquitectónica de la Edad Media. Él se hizo eco de la ideología medievalista, mezclada con misticismo religioso, nacionalismo e historicismo, donde la arquitectura y la sociedad eran entes indisolublemente unidos. De este modo, si se pretendía volver al arte medieval, inevitablemente la sociedad debía cambiar desde lo más profundo para crear el marco adecuado a ese neomedievalismo. John Ruskin fue una de las muchas figuras que se apuntaron a esta tendencia que obtuvo especial preeminencia en Inglaterra y que, como no, exaltó la catedral gótica como el gran símbolo de esa cohesión entre arte y contexto social.

Su pensamiento quedó plasmado en la publicación en 1849 de *Las siete lámparas de la arquitectura,* donde definió la estética romántica arquitectónica destacando en concreto el capítulo titulado «La lámpara de la memoria». Esa memoria a la que alude el autor en el título del capítulo estaba llena de contenido al considerarla como la cualidad que generaba la historia y cuyas huellas imprimían personalidad propia a los monumentos. Debido a su educación anglicana, Ruskin concebía que la tierra no era propiedad del hombre sino que la recibía en depósito y, como tal, debía respetarla, teoría que trasladaba al ámbito de la restauración estableciendo que ningún hombre podía borrar los vestigios del tiempo en la arquitectura.

Ruskin consideraba que la intervención restauradora surgía como consecuencia del abandono y acababa por producir la destrucción y el falseamiento del monumento en su carácter histórico:

> El verdadero sentido de la palabra *restauración* no lo comprende el público ni los que tienen el cuidado de velar por nuestros monumentos públicos. Significa la destrucción más completa que pueda sufrir un edificio: una destrucción de la que no se puede recuperar; una destruc-

> ción acompañada de una falsa descripción del monumento destruido. No nos engañemos en este importante asunto; es *imposible*, tan imposible como resucitar a los muertos, restaurar lo que fue grande o bello en arquitectura (Ruskin, 1849, 161).

Su rechazo por la restauración llegó hasta tal punto que no dudó en criticar abiertamente a los restauradores y sus métodos arqueológicos y racionalistas por considerar que no actuaban con todo el rigor científico que era necesario en una intervención de ese tipo. Definitivamente, la restauración era para él un engaño por lo que en sus pensamientos no se estableció ningún método de actuación directa para conservar un monumento.

Pero aunque a priori parece rechazar absolutamente cualquier tipo de intervención fue consciente de los efectos del tiempo sobre la arquitectura por lo que trató de evitarlos siempre con procedimientos de consolidación que no engañasen a nadie. Esos efectos generaban una pátina que él valoraba como testimonio de la edad del edificio, muy acorde con la relación entre lo pintoresco y la arquitectura, al considerar que los monumentos lograban su máximo esplendor a medida que pasaban los años. Para él lo realmente importante era llevar a cabo tareas previas de conservación preventiva.

Otro de sus escritos importantes fue *Las piedras de Venecia* (1851-1853), fruto de su estancia en esta ciudad. Allí su influencia fue notabilísima, ya que rechazó abiertamente los trabajos había llevado a cabo Gianbattista Meduna siguiendo preceptos violletianos. Sus quejas llegaron hasta la mismísima *Society for the Protection of Ancient Buildings (SPAB)* en Inglaterra, la cual intervino hasta el punto de llegar a suspenderse las restauraciones llevadas en San Marcos por Meduna suponiendo el ascenso definitivo de las teorías de Ruskin.

Con todo ello, observamos que su influencia fue más que clara en la conformación del respeto hacia el monumento en la restauración contemporánea pero, sin embargo, su proyección no fue demasiada en la Inglaterra de su tiempo. Eso no evitó que contara con algunos discípulos que, lógicamente, siguieron algunas de sus teorías pero abandonaron su posición radical anti-restauradora. Su principal seguidor fue William Morris (1834-1896), político, crítico de arte y filósofo, que llevó a la práctica los escritos de su maestro.

El Medievalismo español en la base de la recuperación de los monumentos

El contexto ideológico europeo caló hondo en la praxis de la restauración monumental en España por lo que pronto se dejaron ver los efectos en numerosas intervenciones realizadas sobre el patrimonio medieval. Pero nuestro país contaba con una realidad distinta a la del resto de países europeos y esta era la de conservar vestigios medievales no solo cristianos sino también árabes. El interés por la recuperación de los restos dejados por ambas culturas estuvo muy presente en estos albores de la restauración monumental moderna.

Por lo que respecta a los monumentos cristianos, también España vio en las catedrales góticas el alma de la auténtica historia patria de ahí que las autoridades y arquitectos-restauradores se lanzasen a restaurar las más notables. En este sentido, no podemos obviar que los avances generados por Ruskin a favor de la revalorización de lo medieval fueron determinantes pero lo cierto es que en nuestro país fueron las teorías intervencionistas de Le-Duc las que triunfaron.

Aunque fue la arquitectura gótica la verdadera protagonista de aquellos momentos no podemos dejar de hacer referencia a los edificios románicos. Su importancia no fue equiparable a la de las grandes catedrales e iglesias ojivales pero es interesante destacar las intervenciones que sobre ellos se llevaron a cabo.

Si bien es cierto que en los primeros momentos en los que se estaba fraguando este respeto por los monumentos medievales, gracias al Romanticismo, la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando se mostró reticente, finalmente también se dejó arrastrar por la ola medievalista. Ya desde el siglo XVIII lo medieval era usado con valor no solo histórico, sino también propagandístico para publicitar la monarquía.

Entrado el siglo XIX la estética del gótico clásico hizo también su aparición para acabar generando la que fue la plasmación más tangible del medievalismo en la Academia: su introducción en la temática de los discursos presentados en aquel foro (Sánchez, 1996, 168-199).

En este sentido, sin duda, uno de los discursos clave donde el estudio y exaltación de la Edad Media fue total fue el pronunciado el 10 de mayo de 1868 por José Mª Escrivá de Romaní, marqués de Monis-

trol (Escribá, 1868, 2: 14). Inició su intervención apoyándose en la importancia de la subjetividad, a la que ya hemos hecho referencia, hasta el punto de reivindicarla como si de una nueva norma académica se tratase. A partir de ahí, se adentraba en el apasionante arte cristiano medieval del que destacó su carácter espiritual, algo que para él no estaba presente en el arte de la Antigüedad donde sobresalía la forma por encima del contenido.

Sus reflexiones iban acompañadas de un estudio evolutivo del arte de la Edad Media. Los inicios del mismo fueron definidos por Escrivá como primitivos, como un arte preocupado exclusivamente por alejarse lo más posible del paganismo, sin más pretensiones. A partir de ahí, se iría gestando el verdadero arte cristiano, con una iconografía propia diseminada por toda la arquitectura y unos templos que iban aumentando sus proporciones. Las formas se complicaron hasta dar lugar al románico que, aunque deudor del arte latino y bizantino, daba muestras ya de la inspiración creadora propia del tipo ideal de belleza cristiana. A medida que se acercaban los últimos años del siglo XII la arquitectura se aproximaba cada vez más a la consecución plena de la aspiración cristiana. Ya se estaban introduciendo elementos que anunciaban el gótico aunque aún con cierto regusto bizantinista. Llegado a este punto, el autor realizaba una interesante apreciación acerca del concepto de «gótico», denominación que consideraba, a todas luces, inadecuada, alegrándose de que en el siglo XIX se cambiara por la de «ojival».

Este desarrollo de la arquitectura era entendido por el marqués de Monistrol gracias a la importancia del sentimiento religioso que en esta época, según el autor, llegó al más alto grado de su apogeo siendo una fuente fecunda de grandes ideas.

El autor no dudaba en decir que gracias a la arquitectura ojival se había vuelto a un momento de esplendor en el mundo del arte que hacía tiempo que no se vivía. A partir de ese momento el texto se jalonaba de muestras continuas de entusiasmo hacia el gótico entre las que merece la pena resaltar la reseñada a continuación:

> La ojiva desde entonces se levanta dominadora; aunque inexperta y tímida, sin embargo, apenas se atreva a elevarse sobre los antiguos pilares, que humilla y vence, y a lanzarse al espacio, como hará en breve, exuberante de vida y de poesía, con adornos, torres, y esbeltas agujas, que caladas y transparentes parece que se entran en el cielo, esbeltas, agudas, atrevidas, mensajeras de la oración del arte (Escribá, 1868, 2: 38).

Por su parte, los monumentos románicos fueron mucho menos idolatrados que los góticos aunque esa minusvaloración podríamos hacerla extensible de manera general a la arquitectura altomedieval. En este sentido podríamos hacer una excepción en relación al prerrománico asturiano que no sufrió un olvido tan acentuado, ya que algunas figuras como Jovellanos y después José Caveda dieron a conocer la historia y restos de esta arquitectura fraguando así un progresivo interés por las manifestaciones artísticas anteriores al románico (García, 1999).

Durante el Romanticismo la arquitectura románica fue valorada, más que la arquitectura clásica pero menos que la gótica. Desde el siglo XVIII asistimos, como ocurrió con el arte gótico, a los intentos por definir el románico y su arquitectura. Las denominaciones fueron para todos los gustos pero siempre, como era lógico, desde una perspectiva aún clasicista.

Por su parte, Antonio Ponz lo llamó desde «gótico sin finura» hasta «antigualla gótica», en contraposición al gótico moderno que sería el gótico propiamente dicho que nosotros conocemos. Eugenio Llaguno y Almirola, aunque no teorizó mucho sobre la estética altomedieval, sí se interesó por el estudio de algunos ejemplos puntuales de la tradición constructiva románica. Igualmente no dejó pasar la oportunidad para dejar clara su visión del románico, el cual consideraba oscuro y pesado. Juan Agustín Ceán Bermúdez tuvo también ante este arte una posición negativa que nunca ocultó. Su animadversión por la Edad Media fue tal que en su paradigmática obra *Diccionario histórico de los más ilustres profesores de las Bellas Artes en España* (1800) prescindió de incluir artistas románicos e incluso góticos, a excepción de algunas figuras del siglo XIV. Isidoro Bosarte no se encontró muy lejos de esta teoría negativa del arte y la arquitectura románica dada su condición de racionalista y vitruviano. Juan Miguel Inclán Valdés, vicesecretario de la Real Academia de (la entonces) Nobles Artes de San Fernando resultó una figura interesante para este tema. Aunque sus obras las desarrolló ya una vez empezado el siglo XIX y en el momento en el que el Romanticismo se estaba fraguando, él se manifestaba aun anclado en las teorías del siglo anterior. En su obra *Apuntes para la Historia de la Arquitectura y Observaciones sobre la que*

se distingue con la denominación de Gótica (1833) observamos como continuó la tendencia a menospreciar la Edad Media.

Con el Romanticismo el románico se admiraba por haber usado los elementos clásicos pero desde una perspectiva diferente gracias a la influencia que la religión cristiana había ejercido sobre él. Aunque, como vemos, el románico era bastante respetado, lo cierto es que nunca llegó a ser considerado entre las filas románticas como un verdadero estilo. Su definición no venía dada por si mismo, sino en relación con el arte gótico de modo que se le consideraba como un estilo intermedio, como un primer paso en el desarrollo y culminación de la arquitectura cristiana. Ese culmen ni qué decir tiene que se encontraba en la arquitectura gótica. En las construcciones románicas se atisbaban ya esos rasgos de cristiandad que anunciaban que algo estaba cambiando en el mundo del arte. Pero además presentaban novedades arquitectónicas las cuales, en muchos casos, iban orientadas a la exaltación religiosa (Panadero, 1999, 255-258).

Por otra parte, no podían faltar las interpretaciones de tipo estético tan comunes en el Romanticismo. El románico no quedó al margen de la fantasía decimonónica al valorarlo por su magnífico poder de evocación: era una arquitectura capacitada para generar sentimientos e imágenes que afectaban directamente al espíritu. Asimismo, a través de la contemplación de esa arquitectura se lograba trasladar la mente al momento en que había sido creada, a una época ruda y austera pero, a la vez, atrayente y misteriosa, tal y como apuntara en algún momento Pablo Piferrer. Se trataba de una arquitectura llena de verdad porque en ella estaban impresas las cualidades que le habían dado vida, esto era, su carácter rural y su marcada impronta religiosa que le hacía ser vista por los románticos como la arquitectura monacal por excelencia. Pero las impresiones estéticas que provocaba el románico no quedaban ahí ya que el Romanticismo decía percibir en él la manifestación de la sublimidad. Burke había definido lo sublime como aquello que se relacionaba con las cualidades de la fortaleza, la duración y la oscuridad, las cuales estaban presentes en la citada arquitectura (Panadero, 1999, 260-263).

Sin duda, el siglo XIX supuso la revalorización progresiva del románico la cual podemos ejemplificar del mejor modo a través de José Caveda. Él autor se propuso lograr una denominación adecuada para referirse al románico, y así dejar atrás las poco acertadas definiciones dadas a éste por estudiosos del siglo anterior. Este interés demostrado por Caveda fue recogido por otros muchos teóricos de la arquitectura así como por numerosas figuras interesadas en devolver, también al Románico, el esplendor del pasado. Las restauraciones en edificios y conjuntos románicos comenzaban a ser una realidad gracias a la extensión del interés por todas las manifestaciones medievales, incluso las situadas al margen del gótico.

Si bien es cierto que el gótico y el románico se hicieron protagonistas de la estética decimonónica por su carácter cristiano, el arte árabe lo hizo por su exotismo. Su puesto en el repertorio fetiche del Romanticismo se afianzó por méritos propios, ya que aportaba un aire renovado a la tradición constructiva, una frescura inusitada gracias a una imagen llegada de lejos. Sus formas innovadoras y el halo misterioso y casi desconocido que rodeaban a Oriente, revestían a la arquitectura de un aspecto atrayente que no se encontraba en otras manifestaciones.

Esta irrefrenable atracción que el orientalismo estaba ejerciendo sobre el hombre del XIX podía justificarse en el interés por adentrarse en una cultura ajena a la europea y, hasta cierto punto, primitiva. Ya desde el siglo anterior, se había instaurado un gusto por lo originario, lo primitivo, a través del que conseguir huir de la civilización, entendiendo ésta como el modo de vida propio de las ciudades europeas. En aquellos paraísos lejanos era donde se encontraría la génesis de todo, un mundo diferente en el que vivir al margen de las reglas y en contacto con una naturaleza salvaje.

El descubrimiento definitivo de Oriente fue llevado a cabo por Napoleón Bonaparte con su invasión de Egipto en 1798, marcando con ello el inicio del orientalismo y dando como fruto su *Description d´Egypte* publicada en diversos tomos entre los años 1803 y 1828. El espíritu que se reflejaba en esa obra fue el que acompañó a los viajeros y curiosos que desde entonces se acercaron a Oriente (Marí, 1995, 145-146).

El gran inconveniente para ellos era la distancia que habían de recorrer para acceder al conocimiento de aquellas exóticas maravillas. Fue ahí donde España empezó a jugar un papel destacado, ya que se convirtió en el lugar ideal donde conocer el legado oriental sin salir de Europa. Granada y Córdoba eran

referentes del momento y se establecieron como visita obligada de los amantes de las formas islámicas con lo que la imagen romántica de nuestro país se acababa completando. Al ingente patrimonio cristiano medieval se unía el descubrimiento de esas nuevas antigüedades que propiciaban la inclusión de España en el repertorio pintoresco europeo digno de conocer. Se consolidaba así el final de la imagen negativa que desde el XVIII se había tenido de este país.

La consecuencia más notable de estas novedades se tradujo en un interés inusitado por conocer y salvaguardar los monumentos y cualquier otro resto relacionado con la cultura islámica que durante siglos se asentó en la península. Pero, además, se dejó notar en la arquitectura de nueva creación al retomarse sus formas como ocurriera con la arquitectura gótica.

El interés por el legado árabe se había venido manifestando en ámbitos académicos ya desde mediados del siglo XVIII aunque siempre visto con unos ojos diferentes a los románticos. Por aquel entonces no se sentía la atracción casi mágica que se sentiría décadas después sino que más bien ese interés era fruto de una etapa de curiosidad e inquietud por conocer. Así, la Real Academia acometió la magna empresa de generar una gran publicación donde dar a conocer, a través de una presentación muy cuidada, los restos que de la cultura árabe aún se conservaban. De este modo vio la luz en 1756 *Antigüedades árabes de Córdoba y Granada* a modo de catálogo monumental acompañado por un importante corpus gráfico aunque su publicación se dio años después y en dos etapas: 1787 y 1804 (Sánchez, 1995, 299-343).

La aceptación total del estilo árabe experimentó un proceso progresivo que culminó con la presentación en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando del mítico discurso de Francisco Enríquez y Ferrer titulado «La originalidad de la arquitectura árabe» (Enriquez, [1872] 1996). La elección del tema fue justificado por el autor en base a la importancia de la citada arquitectura, lo que la hacía merecedora de volver sobre ella continuamente, aún a riesgo de no aportar nada novedoso. Para él, la ciencia constructiva árabe iba más allá de lo puramente material con lo que generar una bonita imagen exterior; se trataba de un complejo sistema donde todo estaba estudiado y donde todo jugaba un papel destacado.

La arquitectura islámica, en sus diferentes manifestaciones, también era objeto de exaltación por parte del académico; las mezquitas, hospitales y, como no, la arquitectura doméstica, eran ejemplo de bienestar y buena construcción. El texto le sirvió igualmente para reivindicar el valor de esta arquitectura y elevar su voz ante la falta de interés por la misma que los estudiosos del arte habían manifestado hasta el momento. Para él, el mundo de la cultura había minusvalorado estas manifestaciones que sobresalían estéticamente pero que no habían logrado su lugar en la esfera del arte. Sabía que si aquellos que la habían pasado muy por encima la conocieran en profundidad quedarían para siempre enamorados de su estética. Su texto se planteaba casi como el inicial empujón necesario para esas personas que no habían terminado de lanzarse al entendimiento de la arquitectura islámica.

A partir de entonces el arte islámico, y más concretamente su arquitectura, pasó a ser objeto de análisis más generalizado en numerosos discursos académicos. En esta línea encontramos los pronunciados por parte de Juan Facundo Riaño o Pedro de Madrazo. Igualmente, esa aceptación del arte árabe propició el interés por otros estilos artísticos afines, que bebían de las formas orientales. Así, el 19 de junio de 1859, José Amador de los Ríos pronunció su discurso en la Real Academia «El estilo mudéjar en arquitectura» y, con ello, abría un amplísimo campo de trabajo que dio lugar a la crítica y reformulación de aquellos planteamientos por parte de sus contemporáneos y personajes posteriores hasta la actualidad.

Se había abierto de esta manera un camino sin transitar que debía dar muchos y buenos frutos. Era una temática aún si explotar, un vasto patrimonio aún sin estudiar. El arte árabe y los estilos que copiaban sus elementos formales se abrían y presentaban un mundo de posibilidades apasionante.

Lista de referencias

Addison, J. 1991. *Los placeres de la imaginación y otros ensayos de The Spectator*. Madrid: Visor.

Argan, G. C. [1974] 1977. *El pasado en el presente. El revival en las artes plásticas, la arquitectura, el cine y el teatro*. Barcelona: Gustavo Gili.

Arrechea, J. 1998. La Arquitectura como reencuentro: Viollet-Le-Duc. En *Restauración arquitectónica II*. Editado por I. Represa, 86 y 87. Valladolid: Secretariado de publicaciones e intercambio cultural de la Universidad, 1998.

Bozal, V. (ed.). 1996. *Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas.* Madrid: Visor. Vol. II.

Dols J. (ed.). 1976. *Viollet-Le-Duc: ¿Qué es el arte?* Valencia: Fernando Torres Editor.

Enríquez y Ferrer F. [1872] 1996. *La originalidad de la arquitectura árabe. Discurso de Don Francisco Enríquez y Ferrer, leído en Junta Pública de 11 de diciembre de 1869. Discurso del Excmo. Sr. Don José Caveda, en contestación al anterior.* Madrid:
Imprenta de Manuel Tello.

Escrivá, J. Mª. 1868. Discurso. En *Discursos leídos en la Real Academia de San Fernando (1868-1877).* 2: 14.

Furst, L. R. 1969. *Romanticism.* Fakenham: Methuen & Co.

García, M. P. 1999. *El prerrománico asturiano. Historia de la arquitectura y restauración (1844-1976).* Oviedo: Editorial Sueve.

García, S. 2009. Barroco y Romanticismo: concepciones del arte moderno durante el siglo XIX. En *Congreso Internacional Andalucía Barroca.* Vol. I, 309-316. Málaga: Junta de Andalucía. Consejería de Cultura.

Hernández, A. 1999. *Documentos para la historia de la Restauración.* Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Kant, I. 1989. *Critica del juicio.* Madrid: Espasa-Calpe.

Marí A. 1995. Oriente y la voluntad de expresión romántica. En *La imagen romántica del legado andalusí*. Catálogo de la exposición editado por M. Pastor, 145 y 146. Granada: Lunwerg.

Mateo, M. 2000. Sobre miradas y destrucciones: los británicos y la arquitectura medieval española. En *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando,* Vol. 90, 18.

Panadero N. 1997. La definición del estilo románico en la historiografía española del Romanticismo. En *Anales de la Historia del Arte*. Vol. 7, pp. 245-256.

Panadero N. 1999. La valoración de la arquitectura románica en la España del Romanticismo. En *Anales de la Historia del Arte*. Vol. 9, 255-258.

Rabasa, E. y Huerta S. (ed.) 1996. *Viollet-Le-Duc: La construcción medieval. El artículo «Construcción» en el Dictionnaire raissoné de l´architecture français de XIe au XVIe siècle.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ruskin, J. 1849. *The seven lamps of Architecture.* New York: Jonh Wiley.

Sánchez de León, M. A. 1995. *El arte medieval y la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid,

Sánchez, Mª A. 1996. La Edad Media y los discursos de arquitectura en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. En *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*. Vol. 83, 168-199.

Sanmartín, R. 2000. Del Romanticismo al Modernismo: análisis del medievalismo en la prensa ilustrada de las décadas realistas. En *Dicenda. Cuadernos de Filología Hispánica.* Vol. 18, 332.

Sanmartín, R. 2004. De Edad Media y Medievalismos: Propuestas y perspectivas. En *Dicenda. Cuadernos de Filología Hispánica.* Vol. 22, 232 y 233.

Viollet-Le-Duc, E. E. 1875. *Dictionnaire raisonné de l´architecture française du XIe au XVIe siécle*. Paris: Ve A. Morel & Cie Éditeurs,10 vol.

Una nueva solución de equilibrio para el análisis límite de helicoides de fábrica con óculo central como los construidos por Guastavino

José Antonio García Ares

Dentro de las escaleras de caracol construidas en fábrica podemos distinguir dos tipos diferenciados. En un primer lugar tenemos las que cada escalón consiste en una única pieza de piedra que penetra cierta distancia dentro del muro perimetral, apoyando sucesivamente unos sobre otros. El análisis de este tipo, conocido normalmente, de modo erróneo, como escaleras en voladizo, del inglés *cantilevered stairs*, es tratado por Heyman (1995), Maunder (2005) o Price y Rogers (2005) basando su comportamiento estructural en esfuerzos de torsión en cada una de las piezas que constituyen los escalones. Destacados ejemplos son las escaleras del monasterio de la Caritá en Venecia, de Palladio, el tripe helicoide del antiguo convento Santa María de Bonaval en Santiago de Compostela o la *geometrical staircase* de Christopher Wren en la torre sur de la catedral de San Pablo en Londres.

Las diseñadas y ejecutadas en los Estados Unidos por los Guastavino con su técnica tabicada formarían parte del segundo grupo. Estas escaleras están constituidas por piezas cerámicas de un tamaño modesto unidas entre sí con mortero. Se trata pues de estructuras propiamente de fábrica y su comportamiento estructural difiere de las anteriores. Calladine (2005) aborda su estudio considerándolas «láminas helicoidales uniformes de material elástico» y realiza un análisis de membrana. García Ares (2007) presenta por primera vez su estudio dentro del marco teórico del Análisis Límite y demuestra su equilibrio estático. Block (2009) las analiza aplicando un *Thrust Network Analysis* [Análisis de Malla de Empujes] con un enfoque muy similar al de García Ares. El presente artículo abordará su estudio también dentro del marco teórico del Análisis Límite y de este modo se presentará una nueva solución de equilibrio que siendo compatible con las cargas no viole la condición límite del material. Es decir una solución para la cual no aparezcan tracciones y en la que los esfuerzos de compresión estén contenidos dentro de la fábrica. El método se aplicará a un caso concreto comparando los resultados con los obtenidos en García Ares (2007). Se harán también algunas consideraciones sobre la geometría de algunos ejemplos construidos como la escalera del Baker Hall en la Carnegie Me-

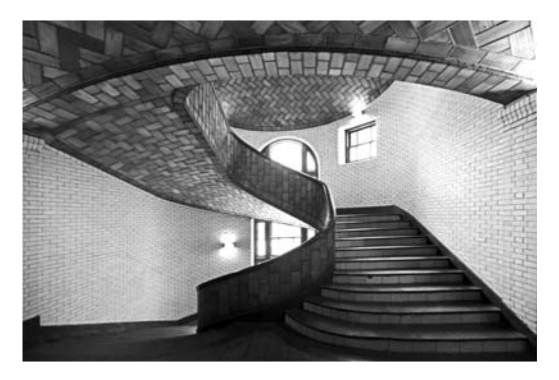


Figura 1
Escalera del Baker Hall en la Carnegie Mellon University en Pittsburg, Pennsylvania. (Bruce M. Coleman)

llon University en Pittsburg, Pennsylvania. Se compararán los empujes obtenidos con otros tipos estructurales como bóvedas con óculo y bóvedas planas.

Caracterización de la estructura a estudio

Antes de abordar el análisis es necesario caracterizar la estructura desde los distintos puntos de vista: formal, material y espacial. La definición formal atiende a su configuración geométrica, mientras que la material explica la constitución de las piezas que la componen y la relación entre ellas. La definición espacial considera el lugar que ocupa la estructura dentro del resto del edificio y las relaciones con los elementos adyacentes, es decir, las condiciones de contorno. La definición de la cuestión a estudio es análoga a la presentada en García Ares (2007) con una diferencia en la geometría que veremos a continuación.

La geometría

El análisis que presentamos considera la geometría de la estructura a estudio como la de un helicoide cilíndrico recto. Esto es, una superficie reglada no desarrollable definida por siguientes ecuaciones paramétricas para coordenadas polares:

$$x(r, \gamma) = r \cos(\gamma) \quad (1)$$
$$y(r, \gamma) = r \sin(\gamma) \quad (2)$$
$$z(\gamma) = c\gamma \quad (3)$$

Donde r es el radio y c un coeficiente que determinará la pendiente de la rampa o escalera. De esta superficie tomaremos una porción que queda definida por $r_1 \leq r \leq r_2$ siendo r_1 el radio del óculo y r_2 el radio exterior. Para poder materializar constructivamente la superficie anterior deberemos dotarla de un cierto espesor e que será constante y normal a la superficie definida anteriormente. Nótese que en García Ares (2007), con objeto de simplificar el análisis, se considera un grosor vertical constante lo que implica que el grosor normal varíe.

Consideraciones sobre el material

Se entiende por fábrica una construcción formada por un conjunto de piezas ya sean de piedra, ladrillo u otro material rígido, dispuestas de tal modo que formen una estructura estable. Pueden estar unidas entre sí con algún mortero o simplemente unas sobre las otras. De cara al análisis estructural la fábrica ser puede caracterizar por tres hipótesis básicas (Heyman 1999):

I. La fábrica no tiene resistencia a tracción. Es un material unilateral.
II. En los tamaños habituales de los edificios las tensiones que se dan son tan bajas que podemos considerar que la fábrica tiene una resistencia a compresión ilimitada.
III. No es posible el fallo por deslizamiento.

Estas hipótesis son de gran utilidad ya que como señala Heyman nos permitirán analizar la estructura dentro del marco del análisis límite. Si bien sólo la primera hipótesis está del lado de la seguridad, las otras dos suelen ser razonables en las estructuras de fábrica habituales y pueden ser comprobadas a posteriori.

Hipótesis sobre las condiciones de contorno

El presente artículo se centra en el estudio de las rampas o escaleras de fábrica helicoidales con óculo central. Con tal fin establecemos una serie de hipótesis sobre las condiciones de contorno que nos permitan centrar la atención del análisis en la estructura helicoidal. De este modo consideraremos la hélice de fábrica confinada dentro de un cilindro infinitamente rígido capaz de resistir cualquier empuje que la escalera pueda transmitirle. Así mismo los apoyos, tanto en el arranque como en el desembarco, serán capaces de soportar los empujes que les sean transmitidos por la escalera. Esto nos permitirá abordar el análisis de nuestra estructura aislándola del resto de la construcción pudiendo, a posteriori, con los empujes obtenidos comprobar la validez de estas hipótesis.

Análisis de la estructura

Dentro del marco del análisis límite aplicado a las estructuras de fábrica, caracterizadas por las tres hipótesis básicas que hemos visto, podemos enunciar el

teorema fundamental de la seguridad del siguiente modo: si se puede encontrar un estado de esfuerzos de compresión dentro de la fábrica, en equilibrio con las acciones, la estructura será segura y no colapsará (Heyman 1999; Huerta 2004). Al ser la estructura hiperestática existirán infinitos estados de equilibrio que no violan las hipótesis del material. Cada uno de ellos podrá ser representado por una línea de empujes. En el caso de estructuras tridimensionales podemos hablar de superficies de empujes o de varias líneas de empujes. A lo largo de este apartado se tratará de buscar una de estas soluciones de equilibrio aplicando el método de los cortes combinado con la estática gráfica.

El método de los cortes, gajos de grosor infinitesimal

Para abordar el análisis de estructuras tridimensionales es de gran utilidad el empleo del método de los cortes (Heyman 1999) que permite estudiar el problema, o al menos parte de él, de un modo bidimensional. El procedimiento consiste, en primer lugar, en imaginar la estructura dividida en una serie de partes. Para cada una ellas se obtienen luego los empujes que ejercerán sobre los apoyos o/y sobre las otras partes. Si al final todas las reacciones están en equilibrio y las líneas de empujes contenidas dentro del grosor de la fábrica la solución obtenida será segura y, basándonos en el teorema fundamental de la seguridad podremos afirmar que la estructura no colapsará.

El sistema de cortes elegido caracterizará, pues, la solución de equilibrio. Lo habitual consiste en considerar una cierta familia de planos paralelos, en el caso de bóvedas cilíndricas, o radiales, en el caso de cúpulas de revolución. En este caso, dada la configuración geométrica de la escalera de caracol, el sistema de cortes elegido es algo más sofisticado. Consideraremos una familia de planos verticales tangentes al óculo del helicoide que lo dividirán en una serie de gajos todos idénticos. El grosor de estos gajos puede ser muy pequeño, incluso infinitesimal. Esto, como ocurre en el análisis de cúpulas de revolución, es de gran utilidad ya que nos permitirá analizar el equilibrio de los gajos como si fueran planos y obtener fácilmente el empuje sobre el cilindro perimetral.

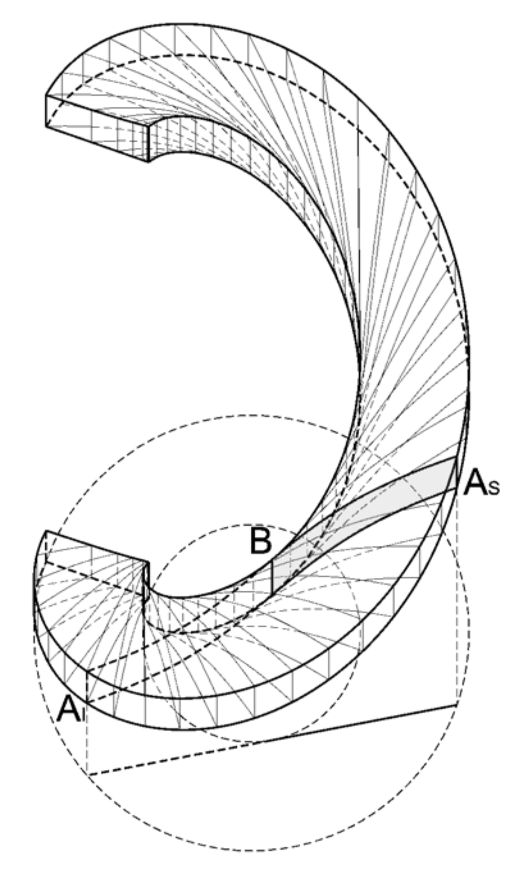


Figura 2
Se muestran algunos cortes por una familia de planos verticales tangentes al óculo del helicoide. Se puede entender como una serie de gajos de cierto grosor o como la representación de algunos gajos de grosor infinitesimal. Se ha resaltado uno de los cortes ASBAI (Dibujos del autor)[1]

El equilibrio de los cortes, equilibrio del gajo de grosor infinitesimal.

La figura 3(b) representa uno de esos gajos de grosor infinitesimal $A_S B$. Se muestra también BA_I que es la continuación del corte hasta su encuentro con el apoyo en el cilindro perimetral. Nótese que la porción BA_I no aporta carga y simplemente transmite la línea de empujes hasta el apoyo. Su carga correspondiente será computada en un gajo diferente cuando caiga dentro de la porción $A_S B$. Por esto la línea de empujes toma la forma de una línea recta en

esta porción. Observando el corte A_SBA_I se ve que es posible inscribir en su interior un arco adintelado inclinado en el cual no es posible encontrar ningún mecanismo de colapso, siendo por tanto infinitamente resistente. Debido a la curvatura del intradós y extradós, si reducimos el grosor del helicoide, llegaremos a un punto en el que esto no sería posible. No es por tanto una propiedad que podamos generalizar. Figura 3(a)

En la figura 3(b) se ha trazado la línea de empuje mínimo dividiendo el gajo verticalmente. En este caso, debido a los parámetros geométricos del helicoide elegido, la línea de empuje mínimo pasará por el intradós en A_S y A_I siendo tangente al extradós en un punto intermedio de BA_I. Esto puede variar según la geometría del helicoide que se estudie. Resulta sencillo hallar los valores de las componentes verticales R_{VS}, R_{VI}, y horizontal R_H de los empujes en los apoyos A_S y A_I. Queda pues demostrado el equilibrio estático del corte infinitesimal y por extensión el de la estructura helicoidal.

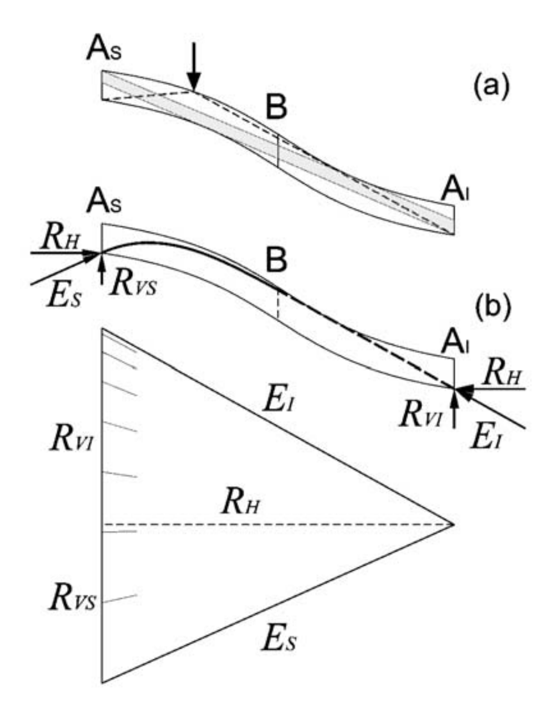


Figura 3
Corte de grosor infinitesimal. Arco dintelado inclinado inscrito y carga puntual (a). Se muestra la línea de empujes mínimo, las correspondientes reacciones en los apoyos y el polígono de fuerzas (b)[1]

Empuje sobre el muro cilíndrico perimetral

Una de los beneficios del sistema de cortes elegido es que, como hemos visto, todos los gajos que resultan son idénticos. Basta pues con analizar uno de ellos para determinar los empujes en el cilindro perimetral.

Tal como se muestra en la figura 4(a) en cada punto A confluyen dos cortes A_SBA_I. De este modo, en la solución de equilibrio que se presenta, el empuje que el helicoide ejerce sobre el cilindro perimetral está constituido por las resultantes E_P de los empujes E_S y E_I de todos los pares de cortes A_SBA_I. Al ser la componente horizontal R_H la misma en E_S y E_I y el plano bisector de los dos planos que contienen el par de cortes A_SBA_I pasa por el eje del helicoide la componente horizontal E_{PH} del empuje sobre el cilindro perimetral es radial. La resultante de R_{VS} y R_{VI} nos dará la componente vertical E_{PV}.

Empujes en el arranque y desembarco

Como hemos visto en el apartado anterior, el caso típico de empuje sobre el cilindro perimetral es una

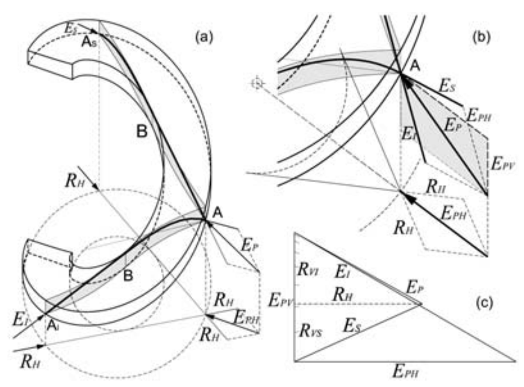


Figura 4
En cada punto A del perímetro confluyen dos cortes ASBAI (a). El empuje EP será la resultante de EI y ES. Se muestra ampliado el punto A (b) y los distintos polígonos de fuerzas (c). Las componentes horizontales se muestras también representadas en un plano inferior[1]

combinación de los empujes generados por dos cortes idénticos A_SBA_I. La introducción de un arranque y un desembarco y la consiguiente interrupción del helicoide afectan a la configuración de los cortes y como resultado las magnitudes de los empujes y su dirección variarán. Como se ve en la figura 2 los distintos cortes o gajos reducen su longitud, disminuyendo la carga y por tanto los empujes serán menores que sobre el cilindro perimetral. Para el cálculo detallado de los mismos habría que estudiar las resultantes de los pares de cortes en esas zonas. La figura 5 muestra cómo se ve afectada la componente horizontal del empuje por la introducción de un desembarco. Nótese que en el borde interior el empuje se hace nulo. Esto no ocurre en el caso del arranque.

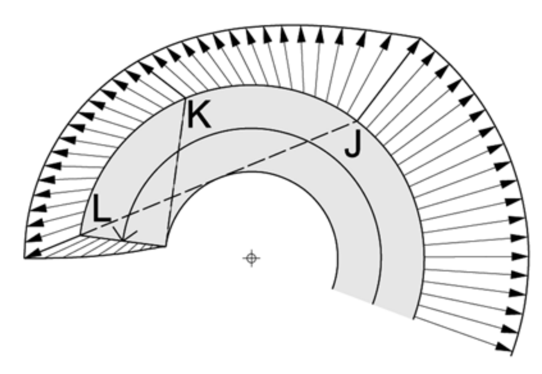


Figura 5
Representación en planta de la distribución de la componente horizontal del empuje en la zona del desembarco. Hasta J es el caso típico con empuje radial. De J a K EI disminuye hasta hacerse nulo. De K a L el empuje es constante e igual a ES. A partir de L ES disminuye hasta desaparecer en el borde interior[1]

Aplicación a escaleras tabicadas como las construidas por Guastavino

Helicoide cilíndrico de generatriz plana horizontal

Aplicaremos ahora la solución de equilibrio expuesta al caso concreto de una bóveda tabicada similar a la diseñada y construida por Guastavino que se muestra en la figura 6. Para poder comparar los resultados con los obtenidos en García Ares (2007). Se considerarán los mismos parámetros: r_1 = 1,5 m, r_2 = 2,5 m, e = 0,15 m, h = 4, $\tilde{n}$ = 20 kN/m^3, y una sobrecarga de 2 kN/m^2. El peso propio y la sobrecarga se engloban en una densidad equivalente ρ_e = 33,3 kN/m^3. Los valores para el empuje perimetral que obtenemos son E_{PH} = 16kN/m y E_{PV} = 4,1 kN/m. El empuje en el arranque y desembarco, como vimos, serán de valor inferior. Empleando la ecuación de García Ares (2007, eq. [24]) se obtienen unos valores variables de E_{PH} en el rango 37,3 - 46,6 kN/m para un desarrollo de rampa $\gamma_d = \pi$. E_{PV} es nula ya que en ese enfoque toda la carga vertical se transmite hasta el arranque y el desembarco. Esto tiene dos consecuencias: hace que los empujes en el arranque y desembarco sean muy grandes, y que todos los empujes crezcan al aumentar el desarrollo de la rampa. Así, también para un desarrollo de $\gamma_d = \pi$, se obtienen unos empujes máximos de $E_{arranque}$= 298 kN/m y $E_{desembarco}$= 280 kN/m. Si aumentamos el desarrollo de la rampa a $\gamma_d = 2\pi$ obtenemos E_{PH} = 258,9 – 284,6 kN/m, $E_{arranque}$= 1071 kN/m y $E_{desembarco}$= 1051 kN/m que son del todo inviables. (García Ares 2007, eqs. [24,25,26,27])

Con la nueva solución de equilibrio los empujes obtenidos son más razonables y no aumentarán al au-

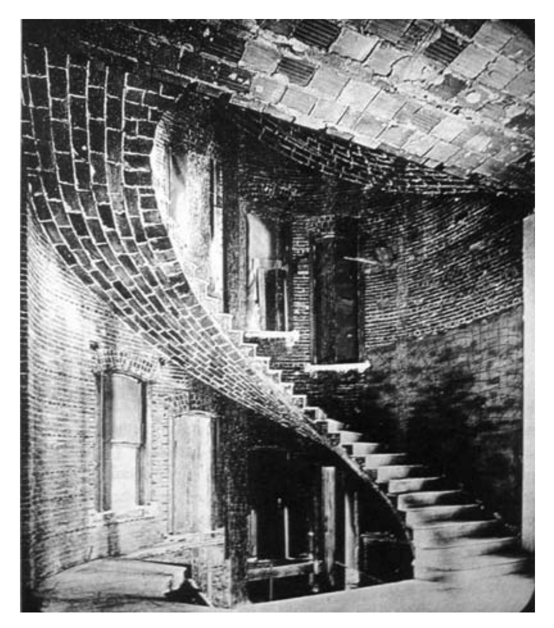


Figura 6
Estructura tabicada helicoidal construida por Guastavino para una escalera de caracol con óculo central. (Collins 1968, fig. 23A)

mentar la longitud de la escalera. Sin embargo el empuje horizontal E_{PH} es aproximadamente 4 veces el valor de la carga vertical lo que es bastante considerable. Analizaremos ahora un casquete esférico de 5 m de luz, flecha en la clave 1/10 de la luz y óculo de 1,5 m de radio, y una bóveda plana de 5 m de luz y un óculo de 1,5 m, ambos con un espesor de 0,15m y una densidad equivalente de 33,3kN/m^3. Los valores que obtenemos son de E_{PH} = 4,4kN/m y E_{PV} = 4,2 kN/m para la cúpula y de E_{PH} = 14,4kN/m y E_{PV} = 4 kN/m para la bóveda plana circular. Considerando la proporción E_{PH} / E_{PV} tenemos que el empuje del helicoide es 3,7 veces mayor que el empuje de la bóveda de revolución y el de la bóveda plana 3,4 veces mayor que el de la bóveda de revolución. Vemos, por tanto, que en este caso de helicoide cilíndrico de generatriz plana horizontal el empuje es similar al de una bóveda plana.

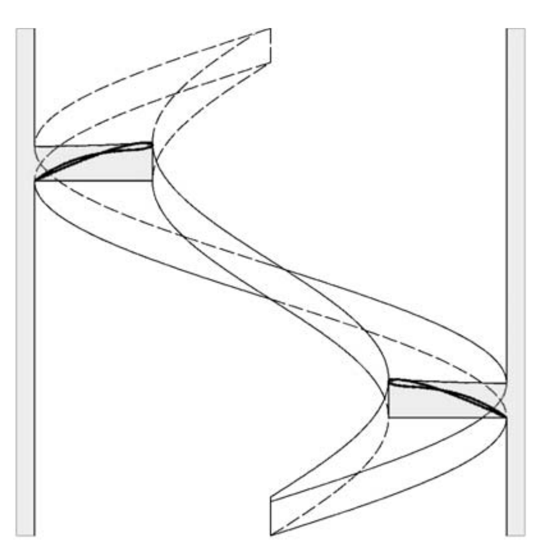


Figura 7
Sección transversal del helicoide de la figura 4 por un plano que pasa por el eje. Se muestran las superficies de empujes resultantes aplicando la solución de equilibrio expuesta[1]

Helicoides de generatriz curva. La escalera del Baker Hall en la Carnegie Mellon University

La figura 7 muestra una sección transversal del helicoide de la figura 4 por un plano que pasa por el eje. Se muestran las superficies de empujes resultantes aplicando la solución de equilibrio expuesta. Se ve que estas superficies pasan por el intradós en el apoyo y cerca del extradós en el borde libre del óculo. Esta forma de la superficie de empujes nos puede dar un indicio sobre la forma óptima de la estructura. Robert Hooke (1675) notó en su célebre: «*Ut pendet continuum flexile, sic stabit contiguum rigidum inversum*» [Del mismo modo que cuelga el hilo flexible, así, pero invertido se sostendrá el arco rígido] que la forma ideal de un arco será aquella que coincida con la línea de empujes correspondiente a las cargas que el arco soporta. De esta manera la línea de empujes puede discurrir cómodamente dentro del arco y el espesor del mismo podrá será mínimo.

Hasta ahora hemos considerado la geometría de la escalera como un helicoide cilíndrico de generatriz recta y horizontal. Sin embargo, si observamos algunos de los ejemplos construidos por la Guastavino Company o los planos de proyecto de éstos[2], podemos apreciar que la geometría de los mismos no es tal. Por ejemplo, la sección para las escaleras del Baker Hall en el Carnegie Institute of Technology en Pittsburg, Pennsylvania[3] construido en 1913 muestra la generatriz del helicoide como un arco de circunferencia con tangente horizontal en el borde libre del óculo. Curiosamente la proporción flecha/luz es muy cercana al 1/10 frecuentemente recomendada por Guastavino (1893). La figura 8 (a) muestra un helicoide de planta circular y generatriz curva con unas proporciones cercanas a la escalera del Baker Hall: 6.5m de diámetro, óculo de 2.5m y un paso de hélice de 4m. Se representan también una bóveda de revolución con la misma generatriz (b) y una bóveda plana (c) En los tres casos se ha considerado una densidad equivalente $\tilde{n}_e$ = 33,3 kN/m^3 y un espesor de 10 cm como se aprecia en el dibujo de Guastavino. Son estructuras mucho más esbeltas que la considerada anteriormente.

Realizaremos a continuación el análisis para comparar los resultados. En la figura 9 se han trazado las líneas de empuje mínimo para cada uno de los casos. Se obtienen los siguientes valores: E_{PH} (a) = 9,3kN/m y E_{PV} (a) = 4,9 kN/m, E_{PH} (b)= 7,7kN/m y E_{PV} (b) = 4,8 kN/m, E_{PH} (c)= 39,3kN/m y E_{PV} (c) = 4,6 kN/m. Considerando la proporción E_{PH} / E_{PV} tenemos que el empuje del helicoide es 1,18 veces mayor que el empuje de la bóveda de revolución y el de la bóveda plana 5,3 veces mayor que el de la bóveda de revolu-

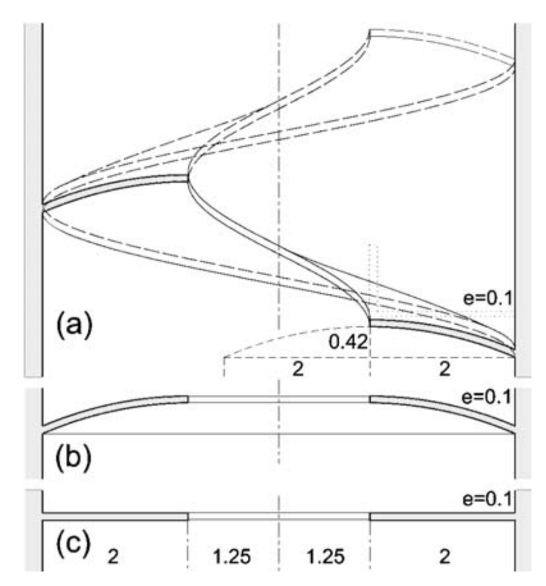


Figura 8
Helicoide de generatriz curva de proporciones similares a la escalera del Baker Hall de la Carnegie Mellon University en Pittsburg (a), bóveda de revolución con la misma generatriz (b) y bóveda plana (c). La proporción flecha/luz de la generatriz es muy cercana al 1/10 frecuentemente recomendada por Guastavino[1]

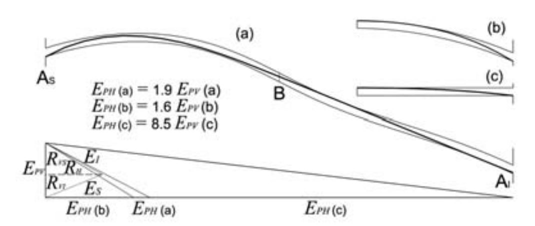


Figura 9
Análisis de las tres estructuras de la figura 8. Se han trazado las líneas de empuje mínimo. El diagrama con los polígonos de fuerzas se ha ajustado para representar en los tres casos la misma carga vertical[1]

ción. Estos resultados son de gran interés ya que muestran que el empuje del helicoide de generatriz curva es sólo ligeramente superior al de la bóveda de revolución con la misma generatriz. Nótese que cuando el helicoide era de generatriz plana horizontal su empuje era ligeramente superior que la bóveda plana. Todo lo anterior nos manifiesta que la geometría con la que Guastavino construía sus escaleras de caracol es muy eficiente, consiguiendo con esbelteces muy grandes empujes reducidos.

Conclusiones y estudios futuros

En García Ares (2007) se demostró el equilibrio estático de los helicoides de fábrica con óculo central introduciendo una solución de equilibrio dentro del marco teórico del Análisis Límite. Sin embargo, el examen de las hipótesis consideradas a la luz de los resultados que se obtenían las hacía inviables. Los empujes que aparecían tanto en el perímetro como en el arranque y desembarco eran excesivos para que una configuración constructiva razonable pudiera acomodarlos. El presente artículo también aborda el estudio desde el punto de vista del análisis límite, que consideramos es el adecuado para el estudio de las estructuras de fábrica. Se ha expuesto una nueva solución de equilibrio que permite analizar este tipo de estructuras de un modo sencillo. Los valores que se obtienen para los empujes son mucho más moderados y, lo que es más relevante, no se van acumulando a lo largo del helicoide siendo independientes del desarrollo del mismo. Esto se debe a que toda la carga se va constante y progresivamente transmitiendo al cilindro perimetral, no siendo necesaria la presencia de descansillos para asegurar la estabilidad. Aplicar esta solución de equilibrio a casos concretos de escaleras de caracol nos ha permitido establecer analogías entre el comportamiento de estas estructuras y otros tipos formales como las cúpulas de revolución con óculo. Las magnitudes de los empujes para ambos tipos son similares. También se ha podido constatar lo eficiente de las geometrías empleadas por Guastavino en el diseño de sus escaleras de caracol.

Actualmente existen potentes herramientas de análisis, como el *Thrust Network Analysis* [Análisis de Malla de Empujes] (Block 2009) que permitirían abordar el estudio de estructuras tridimensionales complejas. Patrones de fuerzas inspirados en la solución de equilibrio expuesta, figura 10, y otros muchos se podrían emplear para encontrar otras soluciones de equilibrio y estudiar diferentes mecanismos de colapso y las cargas límite asociadas. Del mismo modo se puede usar el método de los cortes para indagar otras soluciones de equilibrio.

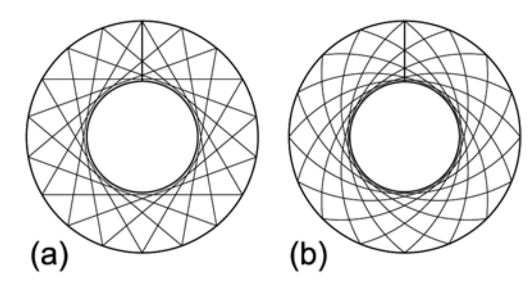


Figura 10
Patrones de fuerzas inspirados en la solución de equilibrio expuesta podrían ser empleados en el análisis de helicoides de fábrica mediante el empleo de herramientas como el Thrust Network Analysis[1]

Como se ha visto, y es por otro lado evidente en las estructuras de fábrica, la geometría y proporción de las mismas juega un papel fundamental en su comportamiento estructural. Queda pendiente el estudio detallado de los documentos conservados de la Guastavino Company y de los ejemplos construidos tratando de extraer reglas de diseño con una justificación estructural. Algunos ejemplos como la de Baker Hall en el Carnegie Institute of Technology en Pittsburg son auténticas obras maestras de la construcción en fábrica. Es necesaria una aproximación atenta a los mismos considerando en su análisis tanto su sofisticada geometría como configuración constructiva[4]. El objetivo es evitar que una excesiva simplificación de los modelos nos sustraiga elementos y características indispensables para alcanzar un conocimiento profundo de estas estructuras.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que me han prestado su ayuda y apoyo durante el desarrollo de esta investigación. El profesor Santiago Huerta fue quien primero me planteó el problema del comportamiento estructural de las escaleras de caracol con óculo central. Él fue también quién me introdujo en la obra de Guastavino. Sus comentarios sobre los resultados obtenidos en García Ares (2007) me motivaron para seguir investigando sobre el tema. El profesor Bruce M. Coleman de la Syracuse University me permitió amablemente reproducir su fotografía de la escalera de Guastavino en el Baker Hall de la Carnegie Mellon University en Pittsburg, Pennsylvania. Raquel de Francisco me animó a seguir con el estudio y vencer las dificultades que se presentaron.

Notas

1. Todos los dibujos de las figuras han sido realizados por el autor
2. Los dibujos de la Guastavino Company se encuentran en la colección Guastavino/Collins en la Avery Library. The Guastavino Fireproof Construction Company/George Collins architectural records and drawings, Department of Drawings & Archives, Avery Architectural & Fine Arts Library, Columbia University.
3. La sección a la que nos referimos se reproduce en Ochsendorf (2010, 202)
4. Los distintos aparejos, por ejemplo, permitirían estudiar potenciales riesgos de deslizamiento de los ladrillos. Para el análisis de la escalera de la figura 8 sólo se ha considerado la bóveda tabicada helicoidal. Sin embargo en el dibujo de la escalera del Baker Hall de la Carnegie Mellon University en Pittsburg se puede observar que la configuración constructiva de los escalones cuenta también con otros elementos. El borde libre suele presentar en estas construcciones un grosor adicional que podría ser una respuesta a la concentración de tensiones que aparece en la solución de equilibrio expuesta.

Lista de referencias

Block Philippe.2009. Thrust Network Analysis: Exploring Three-dimensional Equilibrium. Tesis doctoral, Massachusetts Institute of Technology.

Calladine, Christopher R. 2005. Preliminary structural analysis of a Guastavino spiral staircase shell. *Essays in the history of the theory of structures. In honour of Jacques Heyman*, editado por S. Huerta, 79-102. Madrid: Instituto Juan de Herrera

Collins, G, R. 1968. The Transfer of Thin Masonry Vaulting from Spain to America. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 27:176-201.

García Ares, José Antonio. 2007. Un enfoque para el análisis límite de las escaleras de fábrica helicoidales. *Actas de Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Burgos, 7-9 junio de 2007. Vol. 1*, 335-343. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Guastavino Moreno, Rafael. 1893. *Essay on the Theory and History of Cohesive construction, applied especially to the timbrel vault*. Boston: Ticknor and Company. (1 edición 1892).

Heyman, Jacques. 1995. The mechanics of masonry stairs. *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings IV. Vol 2: Dynamics, Repairs and Restoration*, editado por C. A. Brebbia y B. Lefteris. Southampton.

Heyman, Jacques. 1998. Hooke´s Cubico-Parabolical conoid. *Notes and Records of the Royal Society of London. Vol.* 52, 39-50.

Heyman, Jacques. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera/ CEHOPU. (Traducción del la ed. inglesa: 1995. *The Stone Skeleton. Structural Engineering of Masonry Architecture*. Cambridge: Cambridge University Press

Hooke, Robert. 1675. *A description of helioscopes, and some other instruments*. Londres.

Huerta, Santiago 2001. La mecánica de las bóvedas tabicadas en su contexto histórico: la aportación de los Guastavino. En *Las bóvedas de Guastavino en América,* editado por Santiago Huerta. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Maunder, E. A. W. 2005. Staircases as cantilevers or arches? A question for limit analysis. En *Structural Analysis of Historical Constructions,* 569-576. Editado por C. Modena, P. Lourenço, y P. Roca. London: Taylor & Francis Group.

Ochsendorf, John. 2010. *Guastavino Vaulting: The Art of Structural Tile*. New York: Princeton Architectural Press.

Price, Sam. 1996. Cantilevered staircases. *Architectural Research Quarterly 1*, 76-87.

Price, Sam y Rogers, Helen. 2005. Stone cantilevered staircases. *The Structural Engineer. Vol.* 83/2, 29-36.

Taylor, Russell. 1990. Revealing masons' mystery. *Architects' Journal*. 192: 34–43.

El uso ornamental del ladrillo en la arquitectura eclecticista y modernista de la ciudad de Cartagena

Miguel García Córdoba

La ciudad de Cartagena presenta entre los siglos XVIII y XIX unas circunstancias históricas particulares, responsables en gran medida de su singularidad arquitectónica en los alrededores de 1900. Parece claro que las condiciones de la ciudad a finales del siglo XVII eran realmente malas. [1] Antonio Domínguez Ortiz da la cifra de 400 habitantes para el año 1694, si bien pone en duda la fiabilidad del dato (Domínguez 1986). Merino Álvarez aporta la más creíble de 10.000 para los inicios del siglo siguiente (Merino 1981). Fue la política naval de los Borbones la que inició el despegue y rápido ascenso de Cartagena, sobre todo a partir del nombramiento de la ciudad en 1728 como Capital del Departamento Marítimo del Mediterráneo y de manera singular, con la construcción del Real Arsenal, terminado en 1782. La población se elevó hasta los 40.000 habitantes y, a diferencia de otros núcleos de la región, como Murcia, la población se hallaba concentrada en el casco urbano. Tal aumento de población tuvo como grueso la inmigración (Torres 1986, 111), llegando a generar, ya a mediados de siglo, notables problemas de vivienda.

Nos encontramos así con una ciudad que entra en el siglo XIX con un volumen urbano considerable, generado de forma rápida para dar respuesta a un aumento de población rápido y circunstancial. Paralelamente, el desarrollo naval militar trajo consigo también un desarrollo portuario comercial que tuvo como consecuencia el nacimiento de una burguesía asociada, a la que condiciones posteriores a las que haremos referencia contribuirían a asentar.

El siglo XIX estuvo marcado por circunstancias, en unos casos comunes al conjunto de España, como la Guerra de Independencia, y otras particulares. Entre estas últimas hay dos que se entremezclan y que fueron sin duda alguna las que definieron el perfil característico de los años objeto de estudio, su sociedad, su economía y su arquitectura. Hacia 1840 se inicia el auge minero en las localidades colindantes de La Unión, Llano del Beal y Portman. Esto supuso una explosión que reactivó la vida socioeconómica de la ciudad de forma más que notable, si bien este desarrollo trajo consigo unas diferencias sociales de una gran magnitud. Inmersa en este proceso, en julio de 1873, llegó la Revolución Cantonal. El asedio de las tropas del gobierno central acabó finalmente con la revuelta, que fue sofocada por tierra conllevando la destrucción de la ciudad y de muchos de sus monumentos y obras singulares. Esta circunstancia desgraciada favoreció sin embargo la reconstrucción con nuevos edificios, apoyados en ese auge minero iniciado años antes y que, con altos y bajos, se mantuvo hasta finales de la primera década del siglo XX, especialmente apoyado en la extracción del plomo y el zinc. La media burguesía fruto del desarrollo comercial y portuario y la escasa pero especialmente notoria burguesía adinerada, propietaria de las explotaciones mineras, generaron una arquitectura novedosa, enmarcada en los nuevos contextos estéticos y

técnicos. Estas construcciones, especialmente las de la alta burguesía, están marcadas por una libertad y singularidad creativa definida por el conjunto de influencias que la multiplicidad de contactos comerciales derivados de la actividad portuaria trajeron a la ciudad, desde el mediterráneo nacional hasta el centro y norte de Europa.

Estas singulares condiciones socio-económicas de la ciudadgeneraron una arquitectura igualmente característica —aunque con indudables similitudes con otros desarrollos coetáneos, en ocasiones muy alejados geográficamente— en la que al conjunto de construcciones mesocráticas que crean un contexto arquitectónico y urbanístico bastante homogéneo, hay que sumar una serie de obras especialmente significativas por su categoría arquitectónica, que permitieron a los arquitectos de finales del XIX y principios del XX experimentar propuestas más atrevidas y en línea con las corrientes que se estaban desarrollando en ese momento, o en los inmediatamente anteriores, en España y en Europa. Estas obras fueron las encargadas habitualmente por la burguesía adinerada, enriquecida por la minería y las relaciones económicas anejas.

Se habla habitualmente del eclecticismo y modernismo en la arquitectura cartagenera de esta época y es indudable que se trata de los contextos estilísticos a los que con mayor frecuencia se acerca, pero una aproximación más detallada nos permitirá observar que en muchos de los casos no se puede hablar de adscripciones estilísticas rigurosas sino de creaciones en las que intervienen ambas corrientes, matizadas en otros por concepciones estructurales clasicistas, sobre todo en los años más próximos al comienzo del siglo XX. En el caso del eclecticismo es especialmente difícil un análisis de este tipo precisamente por la esencia múltiple de este estilo. Hemos estudiado como el concepto arquitectónico ecléctico, al igual que el semántico, puede entenderse como una falta de adscripción específica –entendida esta con el rigor de la catalogación estilística de siglos anteriores— y a una relativa libertad creativa para tomar los elementos que se consideren necesarios, dentro del catálogo estilístico aceptado, para la concreción del proyecto creativo. Esto hace que las referencias clasicistas, modernistas o historicistas se multipliquen en los edificios, siendo sumamente difícil adscribirlos a otra corriente que no sea ésta. En Cartagena las construcciones eclecticistas del siglo XIX tienen, en líneas generales, unas características comunes que, salvo excepciones, permiten encuadrarlas en un eclecticismo académico de corte clasicista en los primeros edificios de Carlos Mancha, añadiendo diferentes experimentaciones y acercamientos conforme se aproximaba el inicio del siglo siguiente. Este eclecticismo cartagenero mantuvo relaciones sólo tangenciales con los historicismos en los exteriores, que podemos apreciar solamente en algunos edificios y en la mayoría de las ocasiones por referencias muy puntuales y discretas salvo en algún caso particular y destacado. En los interiores la presencia neonazarí fue recurrente, al margen de la adscripción externa del edificio. La llegada del nuevo siglo rompió las barreras dentro de las que se movía este eclecticismo, abriendo su campo de acción al modernismo incipiente y permitiendo participar a éste de sus postulados de diversidad. De ahí el hecho de que el propio modernismo tome en ocasiones referencias estilísticas ajenas, aunque en este caso ese préstamo, si queremos hablar realmente de este estilo, sufre una reinterpretación o recreación que lo asimila e integra en el programa constructivo y ornamental del que estemos hablando. Esta es una de la causas por las que edificios popularmente catalogados como modernistas lo son en realidad más en lo ornamental que en lo formal o lo espacial, exceptuando algunos casos singulares y especialmente importantes, como la Casa Llagostera o la Casa del Niño, por citar dos ejemplos con referentes alejados geográficamente y con una belleza y entidad estilística destacables.

Este modernismo tiene una base renovadora y otra –dentro de la primera— ecléctica. En los edificios cartageneros catalogados como modernistas, el eclecticismo practicado no es reinterpretativo sino integrador, lo que hace que en muchos casos su apariencia global difiera en poco de las construcciones puramente eclecticistas. Veremos sin embargo como los arquitectos toman como referencias aspectos que impregnan sus obras en mayor o menor medida, del Art Nouveau belga, del modernismo catalán o de la secesión vienesa, que se aplican a los edificios consiguiendo definir finalmente un modernismo ecléctico y singular, enriquecido por la multiplicidad cultural que ha definido a la ciudad a lo largo de su historia.

EL LADRILLO DESCUBIERTO

El siglo XVIII planteó el inicio de la recuperación de la «sinceridad constructiva» arquitectónica a través de conceptos de racionalidad y funcionalidad, pero fue el XIX el que, cuando las propuestas del siglo anterior habían comenzado a encorsetarse bajo la rigidez del olvido de sus planteamientos iniciales, recuperó y afirmó con productivos vaivenes de desigual acierto, esa belleza radicada en la propia obra sumándole la del material que la integraba. Hasta mediado ese siglo los muros de las construcciones civiles eran habitualmente cubiertos por un revestimiento que ocultaba el material constructivo, fuera este piedra o ladrillo. La exhibición del material que hizo en su momento la arquitectura mudéjar hubo de esperar hasta la recuperación historicista neomudéjar del XIX[2] para manifestarse con una intensidad similar. Sólo en algunas zonas, especialmente castellanas, se dejaba con cierta frecuencia al descubierto este último material, existiendo en la Región de Murcia algunos ejemplos durante los siglos XVII y XVIII. El problema era que la irregularidad del ladrillo utilizado en aquella época obligaba, cuando la obra lo merecía, a aplicar un tratamiento que regularizara y mejorara el aspecto del paño. A partir del último cuarto del siglo XIX se generaliza el uso del ladrillo prensado —al que nos referiremos más adelante— para las hojas exteriores lo que permite explicitar el valor ornamental de este. Es evidente que la mejora de la calidad de los materiales, determinada por el avance en los procesos de fabricación tuvo mucho que ver en la aparición del ladrillo visto en las fachadas de forma generalizada, pero no hemos de olvidar todo el proceso de liberación estética que supuso el eclecticismo y que introdujo a lo largo del siglo XIX nuevos materiales hasta entonces ocultos, a lo que hemos de sumar los descubrimientos y teorías sobre la policromía clásica,[3] ya en la segunda década del siglo, que abrieron poco a poco el camino a la introducción de variaciones cromáticas más o menos prudentes o singularmente atrevidas que acabaron explotando en la manos del modernismo. En el caso español esta independencia estética tuvo que luchar contra varias circunstancias. Entre ellas está, desde luego, el atraso industrial, que dificultó el uso de materiales como el hierro o el vidrio. Pero el mayor freno vino de la propia Academia anquilosada en los preceptos clasicistas del siglo anterior, ya desprovistos de aquel condicionante revolucionario que los acompañó en su nacimiento en la vecina Francia, y mantenidos casi exclusivamente por un atávico temor al retorno barroco, una necesidad de control fundamentada en el contexto político y probablemente por una la falta de un cuerpo teórico lo suficientemente sólido e independiente. La creación de la Escuela de Arquitectura en 1844 supuso de hecho la aceptación del eclecticismo arquitectónico. Sin embargo, a pesar del carácter, que podríamos calificar de libertario, que se le supone a este movimiento en su contexto de duda, de búsqueda y de investigación, en nuestro país se buscó su sometimiento a criterios dogmáticos apoyados en planteamientos que estaban al servicio de otros ámbitos distintos de la arquitectura, destinados, en el entorno de 1898, a la reafirmación nacionalista a través de la recuperación historicista.

Técnicamente, la fabricación del ladrillo mantenía por una parte técnicas y materiales históricamente utilizados para usos similares, al tiempo que introducía nuevos procesos para la mejora estética y de resistencia. Son varios los tipos de ladrillo existentes en esta época, como el ladrillo crudo o adobe, que pronto fue sustituido por el refractario en alguno de sus usos, o el ladrillo hueco, generalizado a partir de la segunda mitad del XIX.

En las viviendas comunes y en construcciones destinadas al almacenaje o la industria, el ladrillo más utilizado era el ladrillo común u ordinario, un ladrillo cocido sin ningún otro tipo de proceso que, como hemos comentado, habitualmente iba cubierto con un revoque posterior pero que podemos encontrar en algunas fachadas de viviendas obreras o del contexto rural, e incluso en las partes menos visibles del edificio. El aspecto externo de este ladrillo no era el más adecuado, por su irregularidad, para mostrarse como obra terminada en edificios de cierta entidad. En las viviendas de clase media y alta de Cartagena el ladrillo de más uso era el llamado mecánico o prensado, un tipo de mucha resistencia, que aparece reflejado en muchas de las memorias de las solicitudes de obras de las viviendas de finales del XIX y principios del XX. Es curioso sin embargo, observar como en viviendas de «escasa importancia económica», como rezan las solicitudes de obras de la época, sea frecuente el uso de este ladrillo, desde luego más caro que el ladrillo común u ordinario. Este hecho deja claro que su utilización no venía determinada exclusivamente por su apariencia sino por su resistencia.

Este sufría un proceso de prensado mecánico[4] durante el tiempo de desecación utilizando para ello moldes de yeso o metálicos. El primero de estos tenía la ventaja de absorber la humedad sobrante, mientras que el segundo, más utilizado por las grandes empresas, tenía la ventaja de permitir mayores fuerzas de prensado. Ger y Lóbez nos da el ejemplo de «La Cerámica Madrileña» donde a través de los moldes metálicos «de gran resistencia para las fuertes presiones que debe sufrir la tierra» se consigue un producto «fino en extremo» (Ger y Lóbez 1898). El mecanismo de prensado podía ser de varias formas, utilizando en ocasiones prensas tradicionales modificadas o adaptadas a este uso, y en otras simplemente prescindiendo de ellas y utilizando sistemas más rudimentarios como el golpeo o la presión de un pistón sobre una tabla colocada al efecto sobre las cajas donde se colocaban, aún frescas, estas piezas. El ladrillo prensado o mecánico tenía la ventaja de su inmejorable presencia en fachadas y el inconveniente del menor agarre del mortero (Espinosa, 1859). En el texto de Espinosa podemos encontrar la descripción de varios modelos de prensas utilizados en la época. Este ladrillo era el utilizado para labores posteriores de agramilado o embramilado, es decir, cortado y trabajado de forma especialmente cuidadosa para que su superficie fuera notablemente uniforme aportando así esta característica al conjunto del paño. En este punto se hace necesaria una explicación algo más profunda sobre estos términos pues pueden dar lugar a cierta confusión. Si hacemos caso a Matallana, en su *Vocabulario de arquitectura civil* de 1848, el término *agramilado* tiene dos acepciones. La primera hace referencia a «la obra formada con ladrillos raspados o amolados» mientras que la segunda se refiere «al revoco que imita la figura de los ladrillos». Quizá la definición de «agramilar», en la misma obra, nos acerque al uso más frecuente, del que dice «arreglar los ladrillos a un mismo ancho y grueso, cortándolos y raspándolos para formar una obra de albañilería limpia, pulida y hermosa». El término *embramilado* lo identifica con el de *agramilado*. Espinosa nos hace una referencia al uso de este tipo de ladrillo en Alemania, donde 174se esmeran mucho en su fabricación, y además los raspan, barnizan y pintan» (Espinosa 1859, 179).

Ger y Lobez en la página 191 de su *Tratado de construcción civil* de 1898 nos describe minuciosamente el proceso de agramilado explicando como estos ladrillos han de tener un rebajo en las caras no vistas, de manera que el mortero que oculto en su interior, pudiendo conseguirse de esta forma adecuadas y limpias juntas a hueso, más definidas al precisar este ladrillo que las aristas queden perfectamente marcadas. Termina diciendo que el agramilado es imitado por los pintores en las fachadas, lo que nos acerca a esa doble acepción de Matallana. Tomás Rico, en la memoria del Proyecto del Gran Hotel utiliza el término «embramilado». No falta en Cartagena algún ejemplo de la segunda acepción del término que nos da Matallana, como el edificio de Víctor Beltrí, de 1906, sito en la Plaza del Risueño, en el que la fachada aparece decorada con una ficción de ladrillo rojo.

El uso del ladrillo visto en la arquitectura ecléctica y modernista de la ciudad de Cartagena como elemento común, generalizado y definidor, recibe su primer impulso destacable con el arquitecto Carlos Mancha en las últimas décadas del XIX. Fue este el primer arquitecto de Cartagena formado en la Escuela de Arquitectura de Madrid. Su uso podría estar justificado por varias razones como la recuperación mudéjar propuesta por el eclecticismo regeneracionista (González 1969), el uso de este material en la arquitectura madrileña (más que probable referente de Mancha y posteriormente de Tomás Rico), o su adecuación a las condiciones ambientales de la ciudad. Probablemente no sea uno sólo el motivo de su aparición en la arquitectura ecléctica cartagenera pero no hemos de olvidar entre otros posibles factores algunos textos que tuvieron una repercusión significativa, como los diseños presentados en la obra alemana *Arquitectura de Ladrillos* (Fleschinger y Becker 1875).[5] El uso que del ladrillo se hace en Alemania había sido comentado con admiración algunos años atrás por Espinosa en su tratado de albañilería.

En cualquier caso el uso de este material suele ajustarse a unas características muy concretas en Cartagena. Durante el siglo XIX rara vez se pintaba, comenzando a ocurrir esto a partir de la última década de aquel siglo y casi exclusivamente en viviendas de clase media o baja. Ocasionalmente, sobre todo con Carlos Mancha, el ladrillo, en viviendas de este mismo nivel, era sustituido por plaquetas cerámicas planas que fingían la apariencia de piezas colocadas a tizón. Hasta ese momento el ladrillo de los muros solía ser el de tipo amarillo y sólo ocasionalmente rojo.

A partir de ese momento, última década del XIX y sobre todo primera del XX, se generaliza el uso del ladrillo rojo, haciéndose muy frecuente su utilización por Tomás Rico, aunque también por otros arquitectos como Víctor Beltrí. En aquel momento, otros arquitectos como Francisco de Paula Oliver mantienen el uso del ladrillo amarillo o incluso continúan cubriendo este material. En la primera década del siglo XX se comienza a utilizar el ladrillo esmaltado, sobre todo en construcciones de cierta envergadura como en el caso del Gran Hotel (figura 1), la Casa de Nieto Asensio o la Casa Serón si bien para este fin el ladrillo debía ser «embramilado».[6]

Se trata en cualquier caso de posibilidades técnicas que van sumándose, manteniéndose el uso de las primeras e incorporándose el de las nuevas.

La presencia de Tomás Rico implicó que el ladrillo tomara por primera vez un valor ornamental no conocido hasta ahora en la ciudad. Probablemente, esta ausencia de trabajos previos de estas características en esta zona es lo que le llevó, inicialmente a «esconder» sus propuestas ornamentales más innovadoras en las fachadas traseras de sus edificios. Hasta ese momento había sido Carlos Mancha el referente en la ciudad en lo que respecta a la arquitectura latericia. Sin embargo este arquitecto enmarca su obra en un eclecticismo aún no definido, con connotaciones clasicistas que no le permiten alardes ornamentales que sí se dieron en las proximidades de 1900. Su arquitectura es más sobria y clásica, si bien es cierto que fue quien generalizó el uso de este material en las fachadas de la arquitectura de la ciudad. Mancha hace un uso elegante del ladrillo más destinado al enriquecimiento cromático y textural de sus fachadas, dejando en un segundo plano posibles juegos ornamentales con estas piezas. Sí las utilizó en este sentido en edificios de uso industrial y comercial. Aquellos los desarrolló más en localidades próximas como La Unión, donde abunda su obra. En Cartagena contamos con muy pocos ejemplos conservados entre los que todavía podemos destacar el antiguo Mercado de La Merced, de 1880, posteriormente utilizado como Sala de Cine. Esta construcción está realizada con sus fachadas íntegramente en ladrillo. La organización los espacios verticales es clasicista, como la casi totalidad de los proyectos de Mancha, pero en este caso, el material le lleva a realizar una estructura sumamente racionalista de los espacios. No obstante, la ornamentación es muy limitada, y se reduce a pequeños enmarcados y limitados y funcionales modillones. No existe juego decorativo en las cornisas y mantiene el paño a tizón como en la mayoría de sus edificios. En líneas generales, no suele, como digo, trabajarse el ladrillo como elemento ornamental independiente como en otras poblaciones en las que la referencia neomudéjar participa en ese papel decorativo que se confiere a esta pieza. Son escasos los ejemplos en la ciudad, si bien el uso del ladrillo extendido en construcciones del extrarradio y en el cercano municipio de La Unión adquiere con alguna frecuencia ese carácter aunque siempre dentro de cierta mesura y en la mayoría de los caso en el marco de la arquitectura industrial. Sólo algunos ejemplos nos sacan de esa timidez decorativa latericia, como la Finca Benifayó de San Pedro de la Ribera (1878), creada por el arquitecto Álvarez Capra, uno de los principales representantes de la arquitectura neomudéjar madrileña. En cualquier caso, en prácticamente todos los casos en los que el ladrillo toma valor de



Figura 1
Gran Hotel. Tomás Rico, 1907

ornamento independiente y creativo en el casco urbano, está presente la figura de Tomás Rico, siendo uno de los más llamativos la ampliación de la Casa Moreno en la que precisamente la utilización de la pieza cerámica es una de las razones que contribuye a la certeza de su autoría. Este edificio es en su conjunto una representación del inicio y culminación de la decoración latericia. El edificio original es obra de Carlos Mancha, del que ya hemos hablado como introductor de este material en la arquitectura urbana cartagenera, y lo amplía Tomás Rico, culminador del uso del ladrillo como ornamento en la ciudad. En esta construcción el ladrillo interviene en las fajas horizontales, definiendo los guardapolvos de los balcones, enmarcando recuadros cerámicos o salpicando de volumen la cornisa. El uso del ladrillo a sardinel, dentado y triscado; la colocación de modillones de ladrillo bajo el alero de la cornisa y el resto de recursos que se llevan a cabo con este material en este edificio, nos habla tanto de la arquitectura de Valladolid —lugar de origen de Rico— como de la escuela madrileña en la que indudablemente podemos enmarcarlo por otros motivos pero que suele hacer un uso quizá más discreto de estas piezas que el que nos muestra el arquitecto en esta obra. Aquí se combina el ladrillo rojo y el amarillo, a los que se suma la cerámica, aportando de este modo un rico aunque moderado cromatismo bastante inusual en la zona (figura 2). El ladrillo utilizado es prensado, montado a tizón y con juntas a hueso que son las que Tomás Rico suele utilizar en la mayoría de sus proyectos.



Figura 2
Detalle de la aplicación ornamental del ladrillo en la casa Moreno

De este mismo autor son otros ejemplos de viviendas a los que podemos hacer referencia, como las casas de Celestino Martínez y Nieto Asensio. En ambas encontramos los ejemplos más destacables en la fachada posterior. En la primera, de 1900, introduce el arquitecto ladrillo triscado o dentado para la faja de separación de plantas y crea modillones con el mismo material bajo la cornisa superior. En este caso, como en la Casa Moreno, el ladrillo es prensado y montado a tizón aunque utiliza un cromatismo más neutro. En la segunda, de 1908, el ladrillo triscado se sitúa sobre los balcones, mientras que la separación entre plantas la marcan hileras de ladrillo dentado. Aprovecha en este caso este material para definir la separación entre la primera de las plantas y el resto. Este último edificio se diferencia del resto de los comentados hasta ahora por estar los ladrillos montados a soga y tizón flamenco, es decir, mostrando su lado mayor y menor de forma alterna, centrándose los tizones en la mitad de la soga superior e inferior. Es curioso observar como el proyecto de obras de esta vivienda presenta una contrafachada tan clasicista en su estructura como la fachada principal. Este mismo tipo de aparejo aparece en el Gran Hotel, aunque el proyecto de Rico no especifica ese punto, y en la Casa Serón, con la que comparte el original diseño de rejería. Se trata del único arquitecto que monta el ladrillo en los paños de las fachadas de formas diferentes al clásico español a tizón. El primero de los casos es el más frecuente, utilizado en la ciudad por Mancha, Oliver, Beltrí y otros. No podemos olvidar, hablando del ladrillo y de Tomás Rico, el edificio de las Escuelas Graduadas (figura 3). Se tata de una construcción ecléctica, clasicista en su composición, incluso con guiños neorrenacentistas en el remate del cuerpo central y en el almohadillado del mismo, pero ya con una clara inclinación al modernismo determinada por los detalles geométricos de la ornamentación en piedra artificial y el tratamiento de la entrada principal, con una reinterpretación modernista, un tanto pesada, de elementos clásicos y medievales. En este edificio vuelca Rico todo un repertorio decorativo del uso del ladrillo en la aproximación más evidente en la ciudad a la utilización neomudéjar de este material, si bien queda matizado por la introducción combinada de los elementos de piedra artificial. Podemos encontrar fajas de ladrillo triscado, dentado, adovelado y con resaltes en los arcos de las ventanas de la se-



Figura 3
Edificio de las Escuelas Graduadas. Tomás Rico, 1900

gunda planta que se encarga de diferenciar claramente de la primera, resaltes y rehundidos en la decoración romboidal de los bajos de las ventanas en los que juega hasta con tres planos diferentes. Sin embargo, donde probablemente queda demostrada la maestría de Rico con mayor rotundidad sea, como en otras ocasiones, en la combinación de materiales. En este caso solamente con la piedra artificial que constituye la ornamentación que aproxima el edificio un modernismo, sin duda más sobrio que el de Beltrí, en el que el arquitecto vallisoletano entraría en varias ocasiones.

El aparejo está montado en los paramentos a tizón, mientras que en los pilares de las ventanas utiliza ladrillo montado a soga y tizón diatópico. De este modo contribuye a la diferenciación de estos pilares que mantienen muy poco realce sobre el muro.

En este edificio, como en la Casa de Celestino-Martínez o en la de Nieto Asensio, combina el ladrillo con piedra artificial y hierro. Esta singularidad es también única de este arquitecto que suele utilizar el hierro para el dintel superior de puertas y ventanas. Solamente es emulada por Beltrí en la Casa Tárraga (Dorda-Bofarull) en una clara imitación de la estructura de enmarcado de las ventanas de las dos construcciones citadas. Rico se caracteriza por esa combinación de materiales entre los que casi siempre se cuenta la cerámica —las Escuelas Graduadas es la excepción en la que este material no aparece-. Beltrí combina en algunas ocasiones —muy notables alguna de ellas— ladrillo, piedra y cerámica, pero el hierro es una excepción. Además esta combinación forma parte en este arquitecto del programa general del edificio, a diferencia de Rico quien armoniza el uso para la definición de elementos específicos más que para la conformación general de los planos de fachada.

Continuando con este mismo arquitecto no debemos olvidar tampoco el Nuevo Ayuntamiento, que pronto se convirtió en el hito más relevante de la arquitectura de la ciudad. Inicialmente el proyecto poseía notables influencias castellanas, estando prevista la utilización del ladrillo visto. En los planos de octubre de 1899 para la presentación pública del proyecto del Nuevo Ayuntamiento de la ciudad, rea-



Figura 4
Proyecto de Casa Consistorial, 1899. Archivo Municipal de Cartagena

lizados por este arquitecto, en los que interviene la mano del entonces arquitecto auxiliar Francisco de Paula Oliver y el también arquitecto Julio Egea, o los maestros de obras José Sáenz de Tejada o Fernando Egea, encontramos un proyecto en el que los paños de las plantas superiores están proyectados con ladrillo visto, de nuevo «embramilado» según reza la memoria (figura 4). Sin embargo este material fue sustituido en 1901 por mármol de Macael, lo que, junto a otras variaciones, modificó sustancialmente el proyecto inicial, aproximándolo a la arquitectura francesa del siglo anterior al tiempo que añadía valor escultórico al conjunto al uniformar su volumen. Esto supuso en otro plano un notable encarecimiento de la obra y un retraso de la misma por esta variación económica.

El uso que del ladrillo hizo Víctor Beltrí en Cartagena fue, como hemos comentado, mucho más parco en lo ornamental, inclinándose en la mayoría de los casos por el uso a tizón y frecuentemente biselado, introduciendo en algunos casos plaquetas cerámicas como hacía Mancha. Incluso en el Palacio de Aguirre huye de combinaciones más complejas, manteniendo el paño completo a tizón, con un ladrillo agramilado pero sin esmaltar. La combinación que hace este arquitecto del ladrillo con otros elementos parece derivarse tanto de influencias próximas como las del propio Rico, como de otras más alejadas como la del belga Paul Hankar, más notoria quizá en el uso compositivo de los materiales y en diseños específicos de rejería. Tanto en uno como en otro caso simplifica la utilización singular que de cada uno de los elementos hace su referente, manteniendo o aproximando las relaciones entre los distintos materiales (figura 5). En los ejemplos de los barrios y localidades del extrarradio encontramos otros muchos ejemplos de uso de ladrillo en la abundante obra de Beltrí, pero tampoco en estas zonas suele dar mayor valor decorativo a la pieza, manteniendo usos clásicos, en ocasiones con claro matiz neorrenacentista, tan frecuente en la obra de Mancha, como en la Villa Calamari de principios del siglo XX.

El comentario de la arquitectura civil urbana de Cartagena hace olvidar a veces el hecho de que esta ciudad de honda tradición militar, cuenta en su seno con construcciones de esta naturaleza que suelen ser objeto de estudios diferenciados. Sin embargo, el uso del ladrillo en estas tipologías merece al menos un referencia al insertarse, al menos en un caso, plenamente en el casco urbano. Me estoy refiriendo al Parque de Artillería. Al estudiar este edificio observamos con sorpresa el tratamiento de las molduras de las cornisas, trabajadas con ladrillo moldurado. Estos elementos han de ser necesariamente posteriores a 1874 pues fue a comienzos de ese año cuando un proyectil de las tropas de asedio en la guerra cantonal, impactó contra su polvorín provocando una explosión que sólo dejó en pie las fachadas Sur y Este, quedando éstas en muy mal estado. En el proyecto de reconstrucción del capitán Luis Romero y Sanz, de 1884, se propuso la conservación del cuerpo Este al que se añadiría la planta que hoy conocemos (Rubio 1989). En ella encontramos las cornisas a las que hacemos referencia en las que podemos observar un singular trabajo de ladrillo moldurado único en esta ciudad.[7]



Figura 5
En estas tres imágenes podemos apreciar la similitud entre el remate de las ventanas que propone Rico en las Casas de Celestino Martínez y Nieto Asensio (izquierda y centro), y el de la Casa Tárraga de Beltrí (derecha)



Figura 6
Alero del Parque de Artillería de Cartagena

Por desgracia se trata de ladrillo ordinario de no muy buena calidad y refleja de forma notable el desgaste de las inclemencias del tiempo y las poco delicadas reparaciones a las que se ha visto sometido. Encontramos ladrillo moldurado a cuarto bocel, sin embargo en otros casos el dibujo de corte se complica combinándose con otras molduras e hiladas planas. Se trata de ladrillos con la moldura corrida en tabla, probablemente un elemento de serie adquiridos fuera de la localidad pues las tejeras (o tejares) de la zona se limitaban a trabajos más simples. Se puede observar en la imagen (figura 6) que hay hasta cuatro hiladas superpuestas de ladrillo moldurado, separada la última por cinco hiladas de sogas horizontales. También se puede ver el lamentable estado del conjunto, fruto como decimos del tiempo y de irregulares y poco afortunadas reparaciones. Sin embargo, a pesar de traer aquí este ejemplo, hemos de ser conscientes de que se trata probablemente de una reproducción de la moldura con la que contaba el edificio inicial y no un elemento original de la reconstrucción. Esta afirmación proviene del hecho de que este modelo de moldura, con características prácticamente idénticas se utilizó ya a finales del siglo XVIII en la obra conocida como Cuartel de Instrucción pero que hoy alberga dependencias universitarias. En realidad su uso inicial, para el que fue construido, fue el de penal. La reciente restauración del edificio para adaptarlo a su uso actual, ha dejado al descubierto la piedra de los muros y el ladrillo de sus aleros.

Pero podemos aún encontrar ejemplos similares fuera del casco urbano y en épocas próximas al periodo que estudiamos en alguna de las construcciones militares de la costa, como el cuartel de Fajardo de 1860, situado en la cima del cabo llamado Punta de la Podadera y que forma parte de la batería militar, ya en desuso, del mismo nombre.

En los pueblos, caseríos y municipios cercanos existen numerosos ejemplos de viviendas y construcciones en las que se ha hecho un uso destacado y singular del ladrillo. Sin embargo, el número y las particularidades, en ocasiones notorias, de esta arquitectura rural, precisa un estudio diferenciado que ha de ser desarrollado de forma específica.

Podemos afirmar, en base a lo expuesto en las páginas anteriores, que en la ciudad de Cartagena, en el entorno de 1900, se utilizó el ladrillo descubierto como elemento ornamental o como parte de la definición estética de los edificios. Esta aportación fue más allá del bicromatismo clásico del eclecticismo de Carlos Mancha, incorporándose estas piezas al juego ornamental de los edificios de Tomás Rico, ya en la primera década del siglo XX, y en menor medida a la obra de otros arquitectos. Una mirada minuciosa nos permite apreciar los tímidos pero particulares logros que el arquitecto vallisoletano y quienes trabajaron en su entorno pudieron aportar a la ornamentación arquitectónica en ese camino de transición y fusión estilística entre el eclecticismo y el modernismo que tan singulares obras produjo en esta ciudad.

NOTAS

1. Gonzalo Anes marca dos fases generales en la evolución de la población en Europa: una primera fase de estancamiento que, con variaciones según las particularidades nacionales, llegaría hasta finales del siglo XVII, y una segunda fase de «aumento decidido de la población» a partir de ese momento (Anes 1979).
2. Pérez Rojas habla del Neomudéjar como una de las causas de la recuperación de este material en aquel momento pero sin olvidar el Prerracionalismo de arquitectos como Madrazo y Lema (Pérez 1993).
3. Edward Doduel y Leon Dufourni fueron probablemente los primeros en estudiar el tema de la policromía escultórica y arquitectónica clásica. Sus trabajos fueron recogidos por Quatremere de Quincy, Secretario Per-

petuo de la Academia de Bellas Artes entre 1816 y 1839. Sin embargo fueron los estudios de Jaques Ignace Hittorf, publicados en 1824 los que tuvieron un mayor impacto.

4. Existía un proceso manual para la fabricación de este tipo de ladrillo mediante la presión de vigas o maderas sobre el molde pero, lógicamente, era un proceso lento y costoso que no permitía ni la calidad ni la cantidad del proceso mecánico.
5. Existieron en la época otras publicaciones referentes al uso ornamental del ladrillo como las francesas «La brique ordinaire au point de vue decoratif» de LACROUX y DERAIN (París, 1878), o «La brique et la terre cuite» de PIERRE CHABAT (París, 1881), sin embargo estas dos últimas en especial la de Chabat presentaban una adaptación ornamental del ladrillo a las formas clasicistas que tuvo escasa repercusión en nuestro país mientras que la obra alemana plantea en sus láminas estructuras decorativas muy similares a las utilizadas por algunos nuestros arquitectos.
6. En el proyecto del Gran Hotel, firmado por Tomás Rico el 20 de diciembre de 1907, dice el arquitecto: «Los muros de recinto de los pisos superiores se harán de ladrillo embramilado al descubierto».
7. Una de las reglas propuestas en el texto de Lacroux para el uso del ladrillo es no utilizar molduras curvas hechas con ladrillo.

Lista de Referencias

Anes, Gonzalo. 1979. *El Antiguo Régimen: Los Borbones*. Madrid: Alfaguara.

Domínguez Ortiz, Antonio. 1986. *Sociedad y estado en el siglo XVIII español* Barcelona.

Espinosa, P. C. 1859. *Manual de Construcciones de Albañilería.* Madrid,

Fleschinger, F.; Becker, W. A. 1875. *Arquitectura de ladrillos*. Barcelona: J.M. Fabre.

Ger y Lóbez, Florencio 1898.*Tratado de Construcción Civil*. Badajoz,

González, Adolfo. 1969 *Virtuosismos y contaminación neomudéjar*. Arquitectura, 125: 51-61.

Matallana, Mariano 1848.*Vocabulario de Arquitectura Civil*. Madrid,

Merino, José Patricio. 1981. *Cartagena: el Arsenal ilustrado del Mediterráneo español*. Áreas1.

Pérez Rojas, F. J. 1993.*Cartagena 1874-1936 (Transformación urbana y arquitectónica).* Murcia: Editora Regional de Murcia.

Rubio, J.M. 1989. *Historia del Real Parque-Maestranza de Artillería de Cartagena*. Cartagena: Ayuntamiento de Cartagena,

Torres, Roberto. 1986. *Componentes demográficos de una ciudad portuaria en el Antiguo Régimen: Cartagena en el siglo XVIII*. Cartagena.

Usos sutiles de la construcción laminar. Ejemplos en los maestros de la arquitectura moderna

Rafael García García

Las construcciones laminares de hormigón armado abarcan un ciclo de formas estructurales que tuvo su comienzo en el periodo de entreguerras y se desarrolló, alcanzando su máximo auge en cuanto a la cantidad de realizaciones, en las primeras décadas que siguieron a la segunda guerra mundial. Conformaron la, en expresión de Pepa Cassinello, «aventura laminar» (Cassinello 2010), y su abandono progresivo desde comienzos de los años setenta del siglo XX permite percibirlas como algo prácticamente ya cerrado, pese a ciertos intentos recientes de revitalización (Schlaich 2010). Pero esto no es así, en cambio, en cuanto al interés que suscitan en la actualidad y en cuanto al número reciente de trabajos y estudios sobre ellas.

La historia de las formas laminares construidas tendría su origen principalmente en Alemania con las aportaciones de los constructores Zeiss-Dywidag, autores de un sistema de construcción laminar de referencia, y del ingeniero Franz Dischinger quien ya calculó y construyó notables ejemplos previos a la Segunda Guerra Mundial. En otros países, no obstante, figuras como Perret en Francia, Maillart en Suiza, Wiebenga en Holanda y muy destacadamente también Torroja en España, habían así mismo realizado destacadas cubriciones de tipo laminar. En este estadio de desarrollo previo a la guerra, las formas hasta entonces empleadas fueron casi exclusivamente las de tipo esférico y las cilíndricas, aunque Freyssinet ya hacia 1930, construyó soluciones con superficies de conoides. Las aplicaciones para estas láminas estuvieron en algunas cubiertas de edificios singulares (planetarios, iglesias, pabellones feriales, algunas tribunas y pabellones deportivos muy significados) pero sobre todo en edificaciones industriales y utilitarias (almacenes, fábricas, talleres, mercados).

El desarrollo posterior a la guerra, se iniciará con un primer impulso en las aplicaciones industriales, dadas sus ventajas competitivas derivadas del ahorro de material, del dominio más generalizado de su técnica y de su estandarización. También conllevó el empleo de algunos tipos de superficies laminares nuevas, como las láminas plegadas, las formas en membrana o los paraboloides hiperbólicos, surgidos todos ellos en un primer momento también como soluciones de uso eminentemente industrial. A ellas se sumaron también las formas colgantes conformando delgados toldos de hormigón, aunque de uso más esporádico. Desde un punto de vista eminentemente técnico dichas soluciones se perfeccionaron y ampliaron gracias a avances como la irrupción del pre y postensando y, así mismo, con las aportaciones de figuras singulares, especialmente desde el campo de la ingeniería. El mismo Torroja aún continuaría con aportaciones significativas, pero también deberían citarse, entre otros, a Heinz Isler (1926-2009) y sus formas derivadas de la membrana elástica o Heinz Hossdorf (1930-2004) y su inventiva estructural y perfeccionamiento de algunas soluciones típicas.

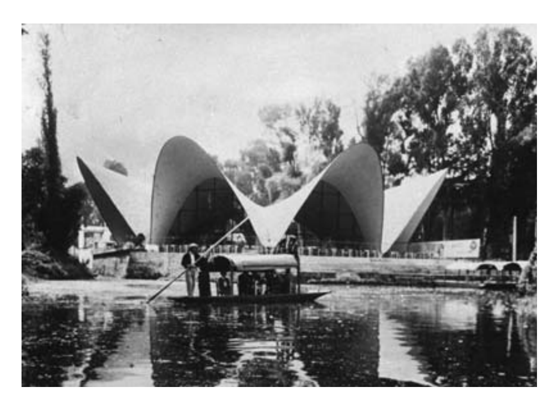


Figura 1
Restaurante Los Manantiales, Xochimilco. Félix Candela, 1957. Google, foto de *Life*

No obstante, el repertorio de formas básicas encontró pronto también un uso expresivo, enriqueciéndose y adaptándose, principalmente como cubiertas, en edificaciones de gran singularidad. Con ello se amplió notablemente el lenguaje arquitectónico hasta entonces disponible. La figura de Félix Candela es clave en este contexto, en cuanto que supone un nexo entre las aportaciones meramente técnicas y el desarrollo expresivo de la arquitectura. Su dominio constructivo y estructural del paraboloide hiperbólico —aunque en realidad también de muchas otras formas laminares— le puso en condiciones de generar todo un vocabulario formal que finalmente derivó en reconocidas creaciones arquitectónicas. Así mismo, arquitectos como Eero Saarinen, Kenzo Tange y el amplio grupo de los Metabolistas, Marcel Breuer u Oscar Niemeyer realizaron una arquitectura en las que las formas laminares tuvieron también gran protagonismo. El mundo de las entonces llamadas formas libres en arquitectura, se nutrió en buena media de las realizaciones de dichos autores y una serie de obras emblemáticas en que, como el restaurante de Tochimilco de Candela, la terminal TWA en Nueva York y el aeropuerto Dulles de Washington, ambos de Saarinen, las superficies laminares centran todo el interés del espectador, han pasado a formar parte de los iconos de la arquitectura moderna. También se debería recordar aquí por ejemplo, aunque con un efectismo menor, la amplia serie de cúpulas esféricas rebajadas con muy diferentes tipos de apoyos y condicionantes y realizadas según diseños de Tange, Saarinen o Niemeyer, entre otros.

Cuestiones a plantear

Pero a la vista de lo anterior y dadas la amplia difusión que tuvieron las formas laminares en general y la fascinación concreta que ejercieron sus ejemplos más destacados, parece pertinente hacerse también las siguientes preguntas: ¿Hubo así mismo soluciones laminares en otros arquitectos notables, aunque quizás no de forma tan significativa y visible? Y si así fue, ¿qué grado de protagonismo llegaron a alcanzar en su arquitectura y cómo se incorporaron en ella? Dicha exploración no parece que se haya planteado de forma significativa hasta el momento y será, por tanto, la cuestión a plantear en el subsiguiente desarrollo de este trabajo. Dentro de ella y como casos de estudio, se tomará la obra de Le Corbusier, Alvar Aalto y Louis Kahn, autores que parecen, así mismo, singularmente oportunos para iniciar esta indagación. La integración y asimilación de estos elementos laminares en su obra puede representar un nuevo enfoque, quizás no muy espectacular, pero puede que aún interesante por complejo y sutil.

Una referencia constante

El examen panorámico de la obra de Le Corbusier muestra que prácticamente durante toda su carrera tuvo presente las posibilidades ofrecidas por las nuevas formas curvadas en la construcción. Así, por ejemplo, la idea de abovedados ligeros fue incorporada muy pronto encontrándose entre sus primeras propuestas. Su proyecto no construido de casas Monol de 1919 ya incluye una serie de bóvedas cilíndricas rebajadas con apoyos en soportes interiores (cuadrados) y exteriores (cilíndricos). Con algo de colaboración por parte de los muros testeros parece viable y es notable que indicaciones de espacios abovedados también aparezcan en otros dibujos de la época, como en la perspectiva interior de un estudio de artista de hacia 1922. Lo notable es que este tipo de espacios abovedados fueron finalmente construidos, precisamente en su propia casa. Esto es lo que puede verse en el ático que reservó como vivienda y estudio propio en su inmueble de Porte Molitor en

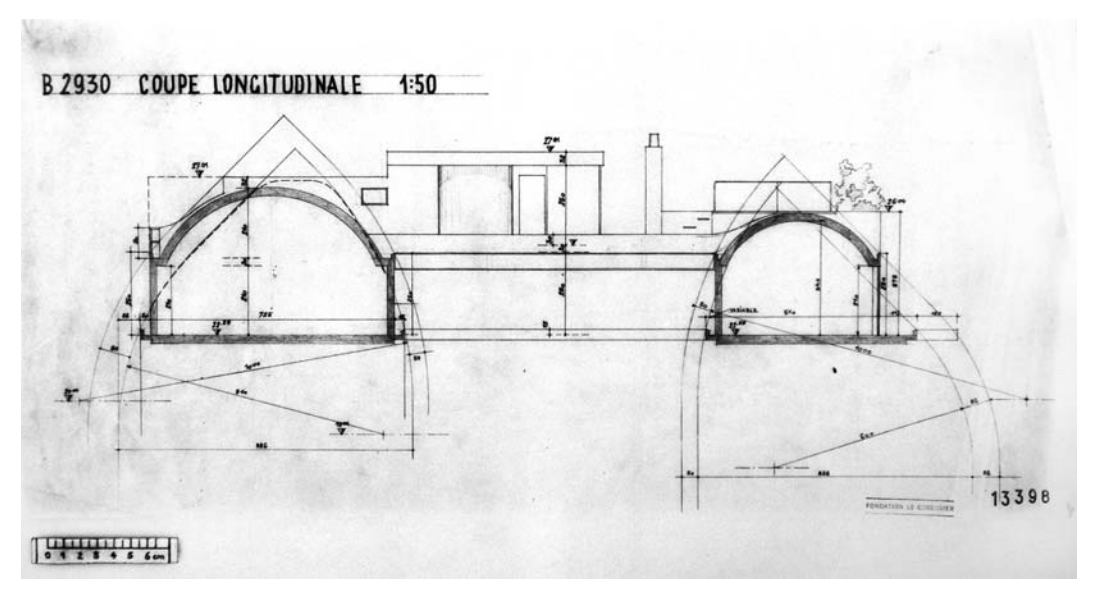


Figura 2
Ático en Porte Molitor. Hoja 13.398 (Le Corbusier 1983 I, p. 45)

París de 1933. Como vivienda de remate del edificio supuso toda una excepción, en total contraste con el resto de pisos, de altura constante y techos horizontales. Es interesante observar que estos abovedados, finalmente con el perfil clásico de directriz circular rebajada, surgieron como una evolución de otros perfiles previos, más peraltados y asimétricos, resultado directo de la adaptación al gálibo de las ordenanzas de construcción para las cubiertas. De las dos bóvedas construidas, la mayor, correspondiente al estudio y sobre planta algo oblicua, salvaba una luz de 6,90 m con un peralte en torno a los 2,10 m. No es fácil deducir sus condiciones de apoyo pero parece sustentada en sendas vigas de apoyo horizontales paralelas a las fachadas, siendo llamativa la ausencia de tirantes. Dichas vigas están apoyadas en tres soportes intermedios, uno de ellos en forma de V con uno de sus brazos vertical.

La idea de cubriciones abovedadas se ha asociado en Le Corbusier con su admiración por la tradición mediterránea, explícita al parecer en el ático de Porte Molitor, «unos apoyos macizos en V sostienen bóvedas tipo Monol emparentadas con la arquitectura popular mediterránea» (Gans 1988, 50-1). No obstante, quizás no debería olvidarse que August Perret —con quien Le Corbusier estuvo trabajando entre 1908 y 1909— había construido interesantes abovedados de hormigón de perfil muy rebajado en ejemplos como el taller de confección Esders de 1919 o la iglesia de Notre Dame de Raincy terminada en 1924. Así mismo, y extremadamente sugestiva, aunque más peraltada, es su notable bóveda de hormigón del atelier Olver-Métra de Paris de 1919-21. En todo caso, el empleo de abovedados sencillos de este tipo volverá a estar presente en el arquitecto suizo en sucesivas obras, como la casa de fin de semana a las afueras de París de 1935, la casa para Mrs. Manorama Sarabhai en Ahmedabad de 1955 y las casas Jaoul en Neuilly-sur-Seine de 1954-56.

El interés en formas abovedadas por parte de Le Corbusier, se manifiesta también en las soluciones de conoides de Freyssinet. Éste venía utilizándolos desde algo antes de 1930 en grandes naves industriales y no es por tanto casual que prácticamente de esa época daten una serie de croquis de Le Corbusier con número 33423 y siguientes, en que cuatro bóvedas de este tipo cubren un espacio supuestamente de trabajo. Fechados en 1929, uno de ello esta acompañado

del texto: «ma maison, s'il me venait l' idee de devenir propietaire». Pero aún más significativo es que en uno de los croquis previos de tanteo de la bóvedas de Porte Molitor aparezcan precisamente dos superficies de conoide en sucesión. Vuelve a ser llamativo además, que con motivo de la presentación en el número de primavera de 1931 de la revista L'architecture Vivante de una de las más importantes naves construidas con conoides de Freyssinet, la página que sigue a continuación sea una ilustración de la Villa Saboye.

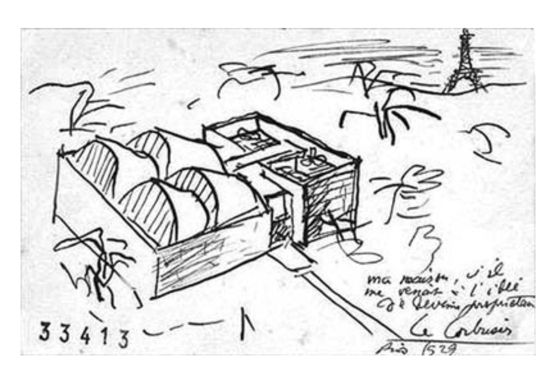


Figura 3
Proyecto vivienda propia. Hoja 33413 (Google. Fundación Le Corbusier)

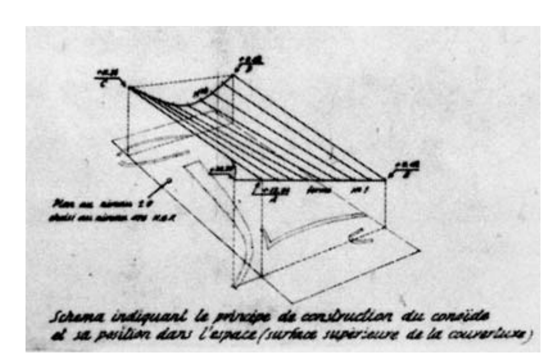


Figura 4
Ronchamp. Superficie conoide en cubierta. Hoja 7120 (Le Corbusier 1983 II, p. 12)

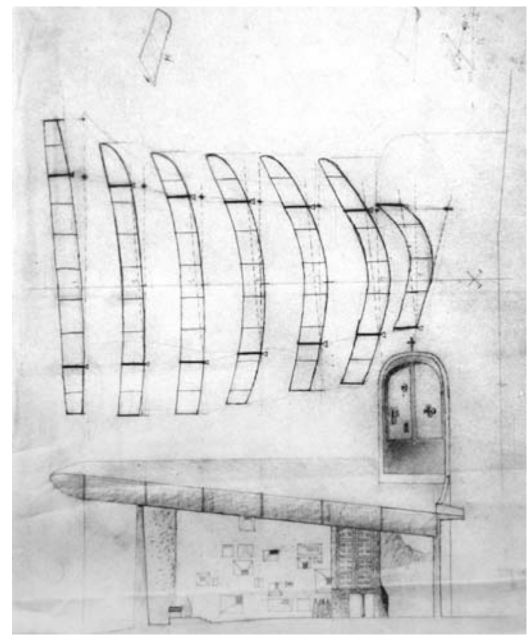


Figura 5
Ronchamp. Esquema de costillas estructurales. Hoja 7390 (Le Corbusier 1983 II, p. 115)

El paso hacia el periodo tras la Segunda Guerra nos lleva también hacia obras de gran singularidad cuyas formas curvadas invitan a una mirada más cercana. Ronchamp atrae nuestra atención sobre todo por su cubierta de hormigón aunque su examen detallado permite ver que no se trató en realidad de una solución propiamente laminar. La idea de una forma de apariencia blanda, casi a semejanza de un cojín transformado en algo rígido posado sobre la iglesia ya está presente desde los primeros croquis. Sin embargo la solución final tuvo un decidido rigor geométrico, sobre todo en su superficie externa superior en que se siguió, nuevamente, la forma de un conoide, en este caso asimétrico y en posición invertida. Con la adecuada elección de apoyos y directriz se permitió que la cubierta desaguara en un único punto, aunque también se previó otro desagüe en uno de sus vértices. Pero la solución no es laminar porque las dos capas externas, superior e inferior que constituyen la cubierta, están sustentadas en una serie de siete costillas transversales que actúan a modo de vigas soportadas en pilares incluidos en los muros perime-

trales. Estos además se cruzan con otras costillas delgadas longitudinales que traban un rígido emparrillado. La parte superior se benefició de su condición reglada, resolviéndose con viguetas rectas apoyadas en las costillas, mientras que para la inferior se tuvo que encofrar una superficie delgada que en realidad trabajará colgada del emparrillado de vigas-costilla longitudinales y transversales.

El sistema recién descrito para la superficie inferior merece resaltarse ya que parece que encontró gran aplicación en muchas de las soluciones en que un intradós o cielo raso de hormigón debía adoptar formas más o menos libremente abovedadas. Una prueba está en el mismo Le Corbusier en el porche del edificio de la Asamblea de Chandigarh (1961). La superficie o bóveda invertida inferior, vagamente evocadora de un toldo, está separada en tramos de aproximadamente 13 m correspondientes a la separación de los pilares pantalla, los cuales además la traspasan y se prolongan hacia arriba. Dado que al sobresalir por encima se transforman en costillas con la forma curva del abovedado, su función es también la de atado y rigidización de la superficie laminar. Los bóveda continua está, por tanto, dividida en siete tramos en los que a su vez, y en forma semejante a Ronchamp, se subdividen los grandes vanos mediante dos vigas de gran canto que discurren longitudinalmente por arriba apoyándose en los soportes. Todo ello es además complementado con el refuerzo, también por la cara superior, de algunos nervios menores, tanto en sentido longitudinal (rectos) como transversal (curvilíneos).

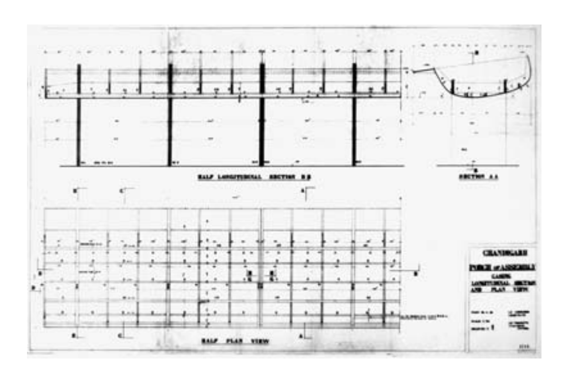


Figura 6
Chandigarh. Estructura del pórtico. Hoja 3245 (Le Corbusier 1983 III, p. 282)

En este mismo edificio de la Asamblea se sitúa la superficie laminar de mayores dimensiones realizada por Le Corbusier. Es la forma de hiperboloide de revolución que envuelve la cámara de representantes parlamentarios. Está tomada directamente de las torres de refrigeración de hormigón con la misma forma empleadas en grandes instalaciones industriales y cuyo origen parece datarse en torno a 1917-18 en instalaciones mineras en los Países Bajos (Emmen 1962, 98). Aunque Le Corbusier la diseñó cerrada por abajo, se conserva un dibujo suyo previo con el típico calado inferior de las de origen industrial. La solución de torre en hiperboloide había resultado ser una disposición resistente de gran economía, que permitía espesores extremadamente delgados y un fácil encofrado gracias a tratarse de una superficie reglada, además de no presentar excesivas dificultades de cálculo. La construida en Chandigarh tiene un espesor de pared de 15 cm, algo más grueso en los apoyos, radio de 19,10 m en la base, radio menor de 9,10 m y conos asintóticos de 31º de inclinación, según las indicaciones del croquis acotado 3117 de la Fundación Le Corbusier.

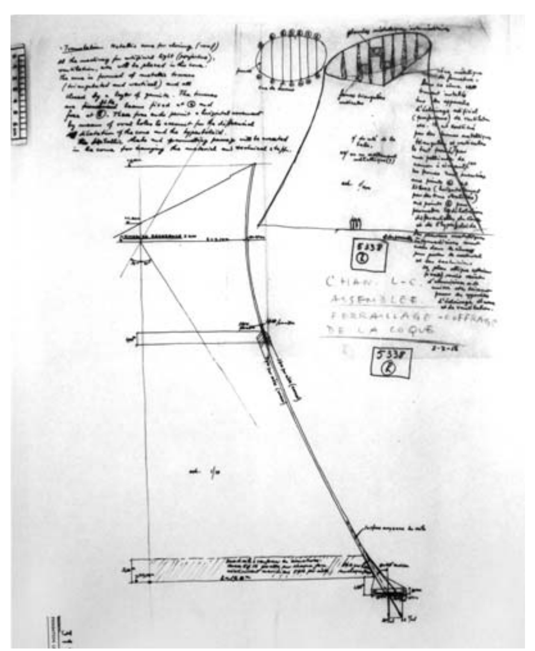


Figura 7
Chandigarh. Edificio de la Asamblea. Hiperboloide de revolución. Hoja 3117 (Le Corbusier 1983 III, p. 225)

La trayectoria de Le Corbusier incluyó en su etapa final otras dos obras de gran protagonismo de las formas laminares y alabeadas, el pabellón Phillips de Bruselas de 1958 y el pabellón del Hombre en Zurich de 1965. Sin embargo, y puesto que son dos obras en que los elementos estructurales y de cubrición son sus partes más relevantes y no de carácter complementario, no los trataremos aquí, dado además el reducido espacio disponible en este trabajo. La muy original solución constructiva del pabellón Phillips ha sido objeto además de estudios monográficos (Capanna 2000, Treib 1996) y el de Zurich no se trata en realidad de construcción en hormigón, sino de grandes planchas de acero.

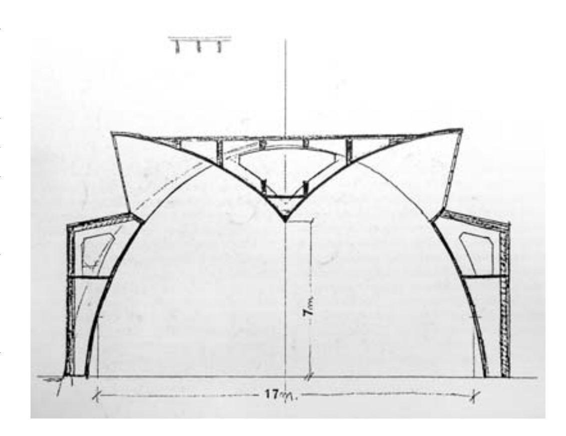


Figura 8
Instituto de Educación Física de Vierumäki, 1930 (Schildt 1996)

TECHOS MOLDEADOS

En la arquitectura de Alvar Aalto encontramos un gran número de cielos rasos curvados o inclinados según disposiciones muy diversas y constituyentes de buena parte de su idiosincrasia particular en la concepción de espacios y captación de la luz. Sin embargo, no siempre es fácil deducir si se trata de elementos propiamente estructurales o de si son simplemente falsos techos. Se puede tener la certeza de lo segundo, cuando no son continuos y están formados por listones de madera como fue el caso, por ejemplo, en la biblioteca de Vipurii (1927-35) o en la casa Louis Carré (1956-59). Del análisis de las secciones constructivas y cuando dicho cielo raso es inequívocamente de hormigón, parece extraerse una idea relativamente semejante a la de Le Corbusier antes comentada: que dichas losas o láminas cuelgan de la parte inferior de jácenas de gran canto apoyadas en soportes o en otras jácenas maestras. Un uso de lo laminar ciertamente modesto en la mayoría de los casos, pero que no falta a la verdad y que a partir de determinadas dimensiones podría acercarse a comportamientos de membrana. Esto ya es claramente observable en un ejemplo bastante temprano en la sección de su proyecto de sala del Instituto de Educación Física de Vierumäki de 1930, por lo que parece que es en Aalto en donde la idea se encuentra con mayor anticipación. Dicha sección es también indicativa de la disociación del cielo raso inferior respecto a la verdadera cubierta, lo cual ocurrirá posteriormente con mucha frecuencia, por ejemplo en la mayoría de sus bibliotecas. La cubierta será pues, comúnmente un plano inclinado que se situará muchas veces muy por encima de los cielos rasos dejando una gran cámara intermedia.

La lista de edificios y situaciones diferentes en que lo anterior se produce es realmente grande, aunque sólo un estudio más detallado permitiría ver los detalles de cada caso particular. En esta categoría parecen estar los abovedados de iglesias como Imatra (1956-59) o Seinäjoki (1952-60), en los que quizás no se esté tan lejos de la tradición centroeuropea de iglesias y salones barrocos con bóvedas rebajadas de piedra —a menudo atirantadas por arriba (Thunnissen 1950, 202-10)— pero sustituyendo la piedra de baja densidad de aquellas por finas losas o láminas curvadas de hormigón armado. También es esto lo que sugieren algunas de las secciones de sus más importantes auditorios, como el de la Casa de Cultura de Helsinki (1955-58), aunque sería preciso un examen más riguroso. Como claro contraejemplo, no existen superficies laminares en el de la Universidad politécnica de Otaniemi (1955-64), cuyas formas curvas de lucernarios son en realidad grandes vigas huecas de sección aproximadamente triangular. Por contraste, si parecen auténticamente laminares y dejadas vistas, las formas curvas y lucernarios de bibliotecas clásicas de planta en abanico como Seinäjoki (1963-66) o Rovaniemi (1963-68), pu-

diéndose observar en la primera de ellas incluso las huellas de encofrado. Este caso permite ver además una forma de sustentación sobre finos soportes y distinta a la suspensión desde vigas tal como era habitual.



Figura 9
Rovaniemi, biblioteca, interior, 1968 (Schildt 1996)

Láminas de mayores dimensiones son más difíciles de encontrar en la obra de Aalto, aunque en Sunila (1935-39) se construyó un almacén con una única cubierta cilíndrica en Shed bastante notable, si bien no sabemos si puede considerarse de su autoría o de los ingenieros de la fábrica. Pero es curioso que este mismo tipo de superficie reaparezca muchos años después en la cubierta de una de sus últimas obras, la iglesia de Riola en Italia (1966-68). Aalto proyectó en ella una serie de cuatro sheds de hormigón decrecientes en tamaño y convergentes en su longitud, que son directamente obtenidas como transformación de esta solución laminar tan típica en naves y talleres industriales de la época. En cuanto a dimensiones, el evidente apoyo de las láminas en los grandes pórticos redondeados acorta notablemente las luces a salvar, con lo que los vanos parecen quedar claramente por debajo de los 12 x 20 m alcanzados ya unos años antes en la más grande de estas soluciones (García, Valcarce 2009).

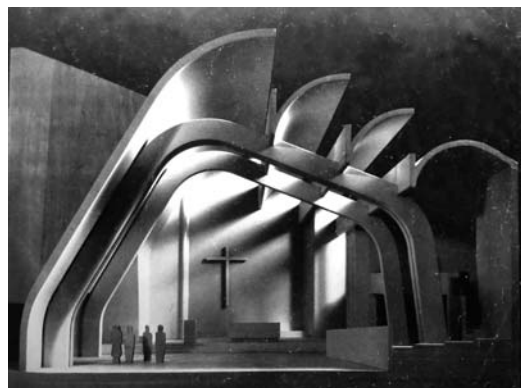


Figura 10
Iglesia en Riola, maqueta. 1968 (Freig 1999)

Forma, diseño y orden

La mirada a la obra de Louis Kahn nos revela también la existencia de al menos tres casos significativos de solución laminar. Acordes con el sentido general de su arquitectura, los tres reflejan un sentido de orden geométrico y exactitud, casi diríamos que precisión, que los diferencia de los ejemplos anteriores. Cronológicamente estaría en primer lugar la iglesia Unitaria en Rochester (1959-67) cuya sala de reunión fue cubierta con una simple pero ingeniosa solución de lámina plegada invertida y de planta cruciforme. La misma configuración pero dada la vuelta sería una lámina de cubierta en pabellón semejante a las que por ejemplo el ingeniero Milo Ketchum ilustra como típicamente construidas en EEUU (Ketchum 1990). Dicha inversión hace que se intensifique la sensación del espacio, comprimiéndolo en su centro y dejándolo escapar hacia las esquinas donde se sitúan los cuatro lucernarios. Así mismo es original la forma de sustentación, con tres soportes en cada uno de los brazos, unidos entre sí por un tirante y con un ligero vuelo de las láminas hasta el plano de la fachada exterior. Una variante anterior contemplaba un único soporte en el centro de cada lado, estando dichos soportes unidos por dos vigas cruzadas que actuaban como apoyo de las limahoyas de la lámina. A la solución final se llegó tras muchas otras ideas, entre las que, para una planta poligonal y no cuadrada como es la definitiva, se había pensado una cubierta constituida por una corona de facetas triangulares.



Figura 11
Iglesia Unitaria, interior, 1967 (Ronner 1987)

Esta idea de facetas estuvo presente en cambio, ya en forma construida, en su solución de techo modular para la fábrica Olivetti-Underwood en Harrisburg (1966-70). Todo el edificio fue constituido con un mismo módulo octogonal con un único soporte en su centro y que se repetía aditivamente, dejando lucernarios cuadrados en las esquinas. El diseño del módulo se parecía por tanto, a un gran paraguas vuelto, pero en el que su característica forma curva era sustituida por una base o capitel cuadrado del que surgían planos inclinados rectangulares en los lados y triangulares en las esquinas. Se trataba en definitiva de una forma poliédrica con cuya estricta geometría se resolvía la totalidad del edificio y cuya construcción entraría dentro de la categoría de láminas plegadas semiprismáticas establecida por Angerer (1972, 49).

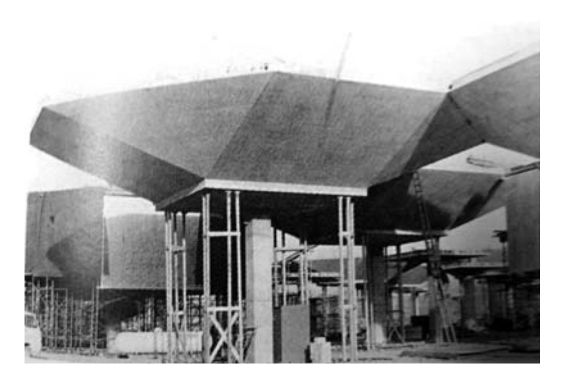


Figura 12
Olivetti-Underwood, Harrisburg, 1970 (Ronner 1987).

Pero el ejemplo sin duda más contundente, al menos desde el punto de vista perceptivo y con el que terminamos nuestro análisis son las repetitivas láminas cilíndricas que, sin apenas variación, cubren el afamado Kimbell Museum de Bellas Artes en Fort Worth (1967-72). Salvo por sus innegables refinamientos, se trata de una solución de cubierta claramente de uso industrial, como las muchas que hasta ese momento habían servido para naves y, especialmente, almacenes. No obstante son dichos sutiles matices, como por ejemplo la disposición y separación de sus naves, las que hacen que el edificio pase a tener reminiscencias clásicas y un sentido rítmico y de orden casi monumental. Especialmente refinada es también la curva cicloide elegida para la directriz de las láminas, nunca usada hasta entonces y justificada por sus propiedades de difusión de la luz. Todas las láminas son de tipo cilíndrico alargado y apoyan en un arco de rigidización en sus extremos dejando claro además, que éste está separado de los muros testeros por una rendija de luz. Otra característica es que sus bordes libres se continúan hacia abajo por delgadas vigas de borde en toda su longitud que aumentan así el canto estructural. Dichas vigas se unen con placas horizontales a las contiguas, creando un impedimento a las deformaciones horizontales en los vanos interiores.

Una atenta mirada final nos revela que en realidad sólo dos de las láminas —las correspondientes a porches— son realmente cilíndricas completas ya que el resto están divididas en dos por un lucernario a todo lo largo de su coronación. Son, por tanto, más bien asimilables a las frecuentemente denominadas soluciones con sección en ala de gaviota, formadas por vigas canalón o inferiores y paños curvos a modo de alas. Con sus luces longitudinales de más de 30 m, su espesor ligeramente mayor de 11 cm y su ancho de vano de 6,1 m, sin llegar a batir récords, se situaron, sin embargo, en un lugar no menor entre las realizaciones de su género.

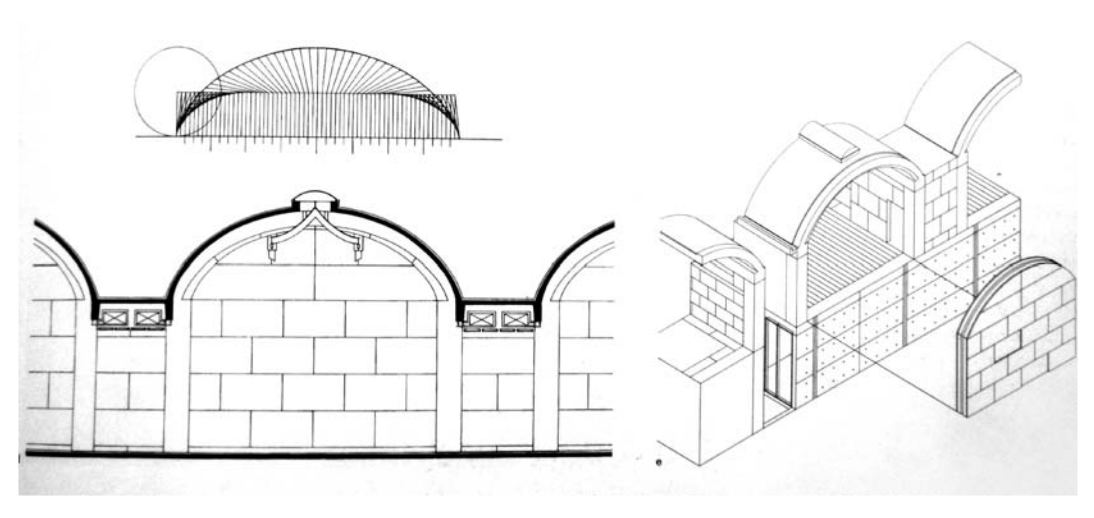


Figura 13
Kimbell Art Museum, sección de láminas y montaje (Freig 1999)

Lista de referencias

Angerer, Fred. 1972. *Construcción laminar. Elementos y estructuración*. p. 51, Gustavo Gili, Barcelona. (*Bauten mit tragenden flächen konstruktion und gestaltung*, 1960)

Bellinelli, Luca. 1999. Louis I. Kahn. *The Construction of the Kimbell Art Museum*. Skira, Milano

Capanna, Alessandra. 2000. *Le Corbusier: Padiglione Philips, Bruxelles*. Testo & Immagine.

Cassinello, Pepa. 2010. «Félix Candela en el contexto internacional de la Aventura Laminar», *Félix Candela Centenario*, Editorial Lampreave, Madrid.

Emmen, J. 1964. «De eerse als dunwandige gewapend-betonschaal gebouwde Koeltorens», *Cement*, pp. 98-9.

Gans, Deborah. 1988. Le Corbusier. Gustavo Gili, Barcelona. Ed. original en ingles 1987.

Schlaich, Mike. 2010. «Thin concrete shells and other lightweight double-curved structures», *Félix Candela Centenario*, Editorial Lampreave, Madrid.

García, Rafael; Valcarce, María Teresa. 2009. «Cylindrical Shed Construction: The shell roof on the Jamin factory at Oosterhout, Netherlands», *Proceedings of the Second International Congress of History of the Construction*, vol. 2, Cottbus (Germany).

Ketchum, Milo. *Memoirs 4. Folded Plates*, (c. 1990), www.ketchum.org/shellpix. html (visitado 30 dic. 2009).

L'Architecture Vivante. 1931. Printemps. Fotos y planos estructuras de Freyssinet sin comentarios, pp. 20-4.

Ronner, Heinz. 1987. *Louis I. Kahn: complete work 1935-1974*. Birkhauser, Basel.

Schildt, Goran. 1996. *Alvar Aalto. Obra completa: Arquitectura, arte y diseño*. Gustavo Gili, Barcelona (1994).

Thunnissen, Henri. 1950. *Gewelven*. Ahrend & Zoon, Amsterdam.

Treib, Marc. 1996. *Space Calculated in Seconds: The Philips Pavilion, Le Corbusier, Edgard Varèse*. Princeton Architectural Press, Princeton.

Sistemas de atado estructural del siglo XVI en el palacio de don Fernando de la Cerda y Silva en Toledo, a la luz de la tratadística

José Luís García Grinda
Francisco Martínez González

Desde el comienzo de su construcción entorno al año 1572, del cual datan los primeros documentos de la fábrica, el palacio de don Fernando de la Cerda y Silva se alzaba en Toledo como el edificio renacentista de carácter privado más importante del siglo XVI en la ciudad. Tras su muerte en 1579, las obras quedaron interrumpidas siendo las monjas Carmelitas Descalzas quienes compraron el palacio en 1607, convirtiéndole en el actual Convento de San José mediante una ampliación adosada al edificio original.

Dada la inexistencia de intervenciones importantes durante los siglos posteriores, las obras recientes de consolidación realizadas, debido al mal estado del palacio, han permitido descubrir y estudiar una serie de sistemas de atado estructural del siglo XVI, en algunos casos visibles en fachada y en otros ocultos en la fábrica, las estructuras de cubierta y sistemas abovedados. Elementos tecnológicamente novedosos en su época y lugar que tuvieron reflejo en la tratadística posterior del XVIII y XIX. Gracias a estas últimas intervenciones y los estudios realizados, podemos documentar estos sistemas que adquieren cierta complejidad hasta ahora escasamente documentada en ejemplos históricos españoles.

Contexto histórico

La residencia de don Fernando de la Cerda

Don Fernando de la Cerda y Silva, segundón de la casa de los Medinaceli quiso contemplar la vega del Tajo desde una posición privilegiada digna de admiración sobre la muralla de la ciudad de Toledo en el distrito parroquial de Santa Leocadia (figura 1). Para ello en 1572 comenzó la construcción de su residencia siguiendo las últimas novedades arquitectónicas de Italia. El renacimiento hacía mella en un edificio en el que podemos reconocer alusiones a los maestros italianos del momento. En España Juan de Herrera había sustituido a Juan Bautista de Toledo en las obras de El Escorial que empezaría a establecerse como uno de los edificios con mayor influencia sobre la arquitectura española (Marías 1986, 4: 90-93; Blanco 2004)

En el mismo periodo de inicio de las obras del palacio de don Fernando, una pequeña comunidad de



Figura 1
Fachada norte del palacio de don Fernando de la Cerda y actual convento de Carmelitas Descalzas de San José. Toledo

carmelitas descalzas subsistía en la ciudad con ciertas dificultades sufriendo varios traslados antes de comprar la residencia del noble. Don Fernando murió en 1579 quedando las obras incompletas perdiendo el vigor con el que habían empezado. Su viuda lo debió habitar hasta que murió a finales del siglo XVI y al no tener hijos varones el palacio acabó en manos de descendientes de generaciones posteriores que lo terminaron vendiendo a las monjas en 1607.[1]

Construcción de una obra inacabada

Existen algunos datos históricos acerca de la construcción del palacio de don Fernando, tres contratos de cantería y algunas referencias en su testamento. Se especificaban los diferentes tipos de sillares, las piezas de cornisa, arquitrabes y ménsulas, columnas, capiteles, etc. En cuanto a los artífices hay datos para afirmar que Hernán González arquitecto vinculado a la familia de la Cerda fue el que trazó el proyecto del palacio. Participó de primera mano en otras obras como el proyecto hospitalario de Tavera relacionándose con Covarrubias o la Casa de la Mesa en Toledo. Probablemente el palacio que conocemos hoy no se ajuste exactamente al proyecto de Hernán González pero sí conviene dejar claro que tuvo ciertas influencias de Italia gracias a la traducción por Francisco de Villalpando en 1552 del Tercer y Cuarto libro de Sebastiano Serlio, siendo heredero de las obras de Covarrubias en Toledo, conociendo los proyectos escurialenses.

Hubo otros maestros que cobraron importancia con posterioridad como Andrés García de Udias que trabajó en la obra desde su inicio y Juan Bautista Monegro, escultor y arquitecto que se hizo cargo de la fábrica tras la muerte de González en 1575 (Marías Franco 1986, 1: 327-360).

Tras morir don Fernando las obras se fueron paralizando poco a poco. El aspecto actual da fe de la falta de cierre y remate de algunas zonas, en especial, el extremo occidental de la fachada norte dejando una de las ventanas sin cerrar y sin articular ninguna solución de esquina. Podemos suponer que el edificio pudiera continuar hacia el oeste, donde se situó posteriormente la ampliación del convento y la iglesia actual. Por otro lado la esquina noreste sí parece terminada en su parte superior pero aparece cortada sin más a falta de una posible continuidad por la fachada oriental pero no es posible saberlo con certeza.

También existen dudas sobre el acabado exterior de la fachada meridional, constituida actualmente como un muro de mampostería irregular, donde existió una desaparecida galería de madera enlazando con el patio porticado de una anterior casa de la primera mitad del siglo XVI, lugar de alojamiento temporal mientras se construía el palacio, hoy conservada.

Intervenciones documentadas hasta el siglo XX

La primera mitad del siglo XIX no favoreció en nada al Convento de San José de Toledo debido al anticlericalismo que vivía España. A pesar de las dificultades sufridas por las religiosas aguantaron en el Convento sin sufrir ninguna desamortización.

A partir de 1850 se comenzaba a normalizar la situación con la licencia de Isabel II a las Carmelitas de Alcalá de Henares y Guadalajara para recibir novicias. En este momento, entorno a 1859 se produce la primera gran obra de envergadura documentada. Se realizan dos informes y se llevan a cabo obras centradas en la Iglesia y el nuevo convento. En 1881 se interviene sobre las cubiertas del convento debido a su mal estado. Finalizando el siglo XIX en 1890 a 98 se mejoran las instalaciones, se procede derribo de casas anexas al palacio, se crea el espacio de la huerta y se construye la ermita. A principios del siglo XX se realizan algunos derribos y arreglos de los daños producidos en la Guerra Civil. En la segunda mitad de siglo se repara el Patio del Cenador, las fachadas de la iglesia y la casa de los demandaderos, se redactan dos informes sobre las obras en el patio renacentista junto al palacio y se intervine en su tejado. Finalmente en 1998 se redacta un informe de bases que trajo otras intervenciones culminando en 2002 con el cegado de los huecos que se abrieron en la fachada norte del palacio. De todas las intervenciones mencionadas ésta última es la única claramente documentada que afecta al antiguo palacio de don Fernando hasta nuestros días.

Sistemas de atado estructural en el palacio de don Fernando

Consideraciones iniciales

La complejidad estructural de este edificio está oculta en los elementos de compartimentación, los relle-

nos, las bóvedas, los propios muros de sustentación y las armaduras de cubierta. Para entender el porqué de la invención de los sistemas de atirantado de esta obra es fundamental entender su situación topográfica y estudiar con detenimiento la sección transversal constructiva y estructuralmente.

Cobra especial interés en este sentido la sujeción de la fachada norte y todo el cuerpo que oculta detrás. La decisión de apoyar el palacio sobre la muralla de la ciudad o mejor dicho, formando parte de ella supuso por un lado asegurar la cimentación y por otro construir en una de las vistas más privilegiadas sobre la vega del Tajo. También se fue consciente de que la construcción partiría de una cota sobre rasante de al menos casi ocho metros, de manera que la esbeltez del muro norte se acentuaría mucho más siendo más vulnerable al vuelco debido a los empujes horizontales de bóvedas, cubiertas y viento. De este modo la superposición de estructuras de atado de diferente naturaleza trabajando conjuntamente hace especial la sección transversal de este palacio.

La planta actual, ligeramente trapezoidal, consta de cuatro crujías que encierran un patio de planta cuadrada, el Patio del Cenador, que comunica con un espacio exterior cubierto a través de una serliana en el lado este del mismo por el cual se accede a las plantas superiores (figura 2). Aunque actualmente el palacio está dividido en cuatro plantas, originalmente solo eran tres. La cuarta se obtuvo de la división de la primera planta en dos. De hecho, el acceso a la segunda planta actual se realiza por otra escalera situada en el interior de la primera planta en el espacio que une el palacio con la ampliación del convento. En la sección transversal vemos cómo se organiza el segundo espacio abovedado separado por un forjado plano de viguetas de madera, a fin de crear las celdas conventuales.

Una vez hecha esta aclaración consideraremos el edificio compuesto por tres niveles: planta baja, primera y segunda. La planta baja y primera actualmente están en uso, dedicando ésta a las celdas de las hermanas Carmelitas y aquélla a espacios comunes del convento. Sin embargo la segunda y última planta no tiene uso alguno. Esta planta debió ser habitada por el personal de servicio de la familia de la Cerda puesto que no se detectan cambios en su distribución. Lo que sí está claro es el carácter incompleto del palacio tanto interior como exteriormente.



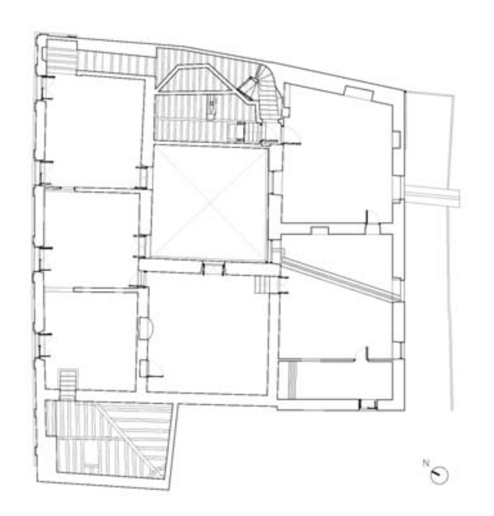


Figura 2
Sección transversal y planta segunda del palacio de la Cerda

Estructuras ocultas en los sistemas constructivos

Desde el punto de vista constructivo, la elección del sistema de cobertura de los espacios de cada planta fue una decisión que condicionaría a otro sistema de estructuras y elementos constructivos secundarios pero con una función clave en la estabilidad del

edificio. Su existencia es evidente en la edificación histórica. A estos elementos los llamaremos sistemas de atado estructural porque se trata de diferentes soluciones constructivas y estructurales que tienen el objeto de mantener en equilibrio una edificación a través del atado o arriostramiento de las diferentes partes que la componen. Además, estos elementos que a priori podríamos afirmar que no tienen la finalidad de ser vistos, muchas veces lo son de manera intencionada. En unas ocasiones dejan patente la técnica constructiva sin más y en otras se usan como elemento compositivo en fachadas o interiores como es el caso de los tirantes de hierro forjado por ejemplo.

Por lo general si los sistemas de atado no son visibles es difícil estudiarlos en profundidad más allá de la tratadística. Por ello en la mayoría de las ocasiones solo se tiene constancia de ellos por mera intuición, intervenciones importantes o por pertenecer a edificaciones inacabadas, pequeñas o vinculadas con lugares que habiendo pertenecido a la nobleza fueron abandonadas como es el caso que nos ocupa.

Volviendo a la construcción del palacio de don Fernando, diferenciamos básicamente dos tipos de cobertura del espacio. Las plantas baja y primera se cubren con bóveda esquifada de arista ambas mediante rosca de ladrillo y la segunda con bóveda encamonada. Como sabemos, las bóvedas de rosca son pesadas y producen empujes importantes sobre los apoyos. En la sección de la figura 2 vemos que el muro norte que apoya sobre la muralla en planta baja es muy grueso llegando a tener un espesor de entorno a 1.50 m. En cambio el muro sur de esta misma crujía en la misma sección es más delgado pero suficiente para contrarrestar el empuje de la bóveda ya que además recibe carga de las plantas superiores que lo equilibran. No se observan tirantes de hierro forjado en ninguno de los dos extremos de esta crujía. Debido al espesor de los muros y la carga vertical que reciben es probable que los constructores no vieran necesaria la idea de colocar tirantes. Al menos no tenemos constancia de ello.

Por otro lado, la planta primera, siguiente nivel abovedado, utiliza el mismo sistema de bóveda siendo ésta de una luz algo mayor y apoyando sobre muros con un espesor medio de 80 cm. El adelgazamiento del muro norte en planta primera con respecto a la planta baja es de casi la mitad. En las obras recientes de consolidación se ha levantado el pavimento de la planta superior dejando al descubierto el trasdós de las bóvedas. Es a partir de este nivel cuando descubrimos el interés de las soluciones constructivas y estructurales de este edificio.

A diferencia de la planta inferior es lógico que en ésta sea más necesaria la incorporación de elementos que aten el muro de la fachada norte al edificio consiguiendo el arriostramiento tridimensional de la estructura. Por ejemplo, encontramos dos tirantes de hierro forjado, uno de ellos vistos en esta fachada, uniendo los dos muros de la crujía norte. Estos tirantes curiosamente pasan a través del espesor de la bóveda de ladrillo (figura 3). Aunque es en este tramo de la planta del palacio donde nos encontramos con mayor variedad de sistemas de atado, éstos y principalmente los tirantes de hierro se emplean en todo el edificio. Se usan casi de manera sistemática y siempre a la altura del costado de las bóvedas de la planta primera, también en las estancias meridionales. En nuestro caso podemos observar la mayoría de ellos desde el exterior, al quedar eliminados los anteriores revestimientos, pero al levantar los pavimentos de toda la planta comprobamos que también arriostran los muros atravesando las bóvedas de fábrica sin ser vistos desde el interior.

Para entender el funcionamiento de los sistemas que atan esta estructura hay que analizar el comportamiento conjunto del edificio. Si las plantas inferiores se cubrían con bóvedas de ladrillo la planta superior estuvo cubierta con bóvedas encamonadas como hemos comentado, mucho más ligeras y con empujes mucho menores. Los muros de la última planta y en especial la fachada norte tienen un espesor relativa-



Figura 3
Tirante de hierro forjado atravesando el espesor de la bóveda

mente pequeño para soportar los empujes de estas bóvedas y la cubierta. Pero se fue consciente de ello y se diseñó una estructura de bastante complejidad para el momento combinando herrajes y tirantes de hierro forjado con semicerchas de madera e incluso algún elemento de acodalamiento de fábrica de ladrillo para reforzar las esquinas. Todo esto fue ratificado durante las tareas de consolidación comprobando que el desplome del muro en cuestión dejaba una grieta longitudinal sobre el relleno del costado norte de las bóvedas una vez levantado el pavimento de la planta segunda.

La cubierta en la crujía norte está formada por un único faldón con aguas hacia el exterior del palacio y está compuesta por semicerchas situadas coincidiendo con los tabiques de compartimentación apoyadas en las carreras y ancladas por un lado mediante variados herrajes de hierro forjado a la cornisa en la confluencia del tirante y el par y por otro al muro del patio (figura 4). El resto de la cubierta está formada por pares apoyados en sus respectivas carreras en un extremo y otro que de manera puntual, sin seguir un orden estricto, se refuerzan con pequeños tirantes de madera.

Un vez formada la cubierta y atada a los dos muros de apoyo, los artífices del palacio, conscientes de la necesidad de asegurar la estabilidad del edificio idearon un sistema de atado transversal a la fachada funcionando por un lado como costillas verticales que contrarrestan los empujes de la cobertura y el viento y por otro como atirantado transversal del muro. Se trata en concreto de dos tirantes diagonales de hierro forjado con dimensiones considerables embutidos en los tabiques divisorios. Estos tirantes están clavados en un extremo a las cabezas de las semicerchas y en el otro a una viga de madera bajo el pavimento sobre la que cargan los tabiques (figura 5). Cada uno de los tirantes tiene una solución de encuentro diferente con la cabeza de la semicercha, posiblemente debido a sustituciones de las piezas de madera. En uno de los casos lo hemos encontrado directamente adosado y clavado en dos puntos sobre el par y el tirante de madera (figura 6). En el otro caso se clava en los mismos puntos pero además se cajea la cabeza de la semicercha para que el tirante de hierro entre en su espesor (figura 7). En su parte infe-



Figura 4
Encuentro de la cabeza de la semicercha con la cornisa a través de un herraje encajado en la cara inferior del tirante



Figura 5
Tirante de hierro embutido en el tabique sobre la bóveda



Figura 6
Encuentro adosado del tirante de hierro diagonal con la cabeza de la semicercha



Figura 7
Encuentro del tirante diagonal con la semicercha cajeada

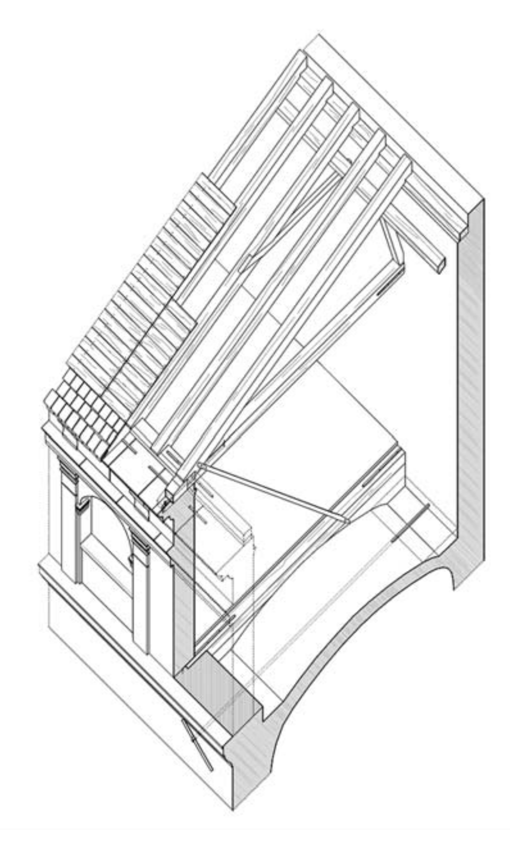


Figura 8
Descripción gráfica del sistema de atado estructural con tirante diagonal

rior, este tirante diagonal va clavado sobre la viga de madera que además refuerza el atirantado de la bóveda que cubre la planta primera. El sistema funciona transmitiendo esfuerzos a través del tirante diagonal a la viga horizontal de madera inferior que a su vez parece estar ligeramente encajada en el espesor de la propia bóveda (figuras 8). De esta manera la carga recibida a través de dicho tirante no incide directamente contra la bóveda tanto comprimiéndola como tirando de ella, sino que es absorbida por esta viga. Además, para asegurar la fijación en los extremos y atar el edificio está anclada mediante otro tipo de herrajes al muro en cada uno de sus extremos (figura 9).

Otro sistema de atado que encontramos en el palacio se encuentra en la esquina noroeste, justo en la cobertura del espacio tras el hueco de ventana que queda sin cerrar. Observamos que el extremo del muro en su parte más alta está aparentemente suelto. Hay que tener en cuenta que don Fernando murió antes de acabarse la obra y probablemente al dejar incompleto el palacio en ese extremo se optara por cubrirlo. Pero lo que nos interesa no es si se cubrió o no en aquel momento sino el tirante de madera que se colocó para cerrar estructuralmente el edificio y dejar constancia de que ese extremo quedaría incompleto pero arriostrado adecuadamente. Este tirante está anclado a los muros a través de herrajes similares a los utilizados para amarrar las semicerchas a la cornisa, así que lo más probable es que sea una solución del mismo periodo. El tirante contrarresta los empujes de este muro debidos a la cubierta y al viento en el sen-



Figura 9
Encuentro de la viga de madera bajo los tabiques empotrada en el muro norte con el herraje en la cara superior

tido de sur a norte (figura 10) Pero cuando se producen empujes en sentido contrario se necesita otro elemento de acodalamiento contra el muro occidental. Este elemento también existe y se sitúa más abajo que el anterior.

Los pares, semicerchas, vigas, tirantes y demás elementos de madera trabajan conjuntamente con el herraje como elemento de transición entre la madera y la fábrica. En construcción estos elementos de hierro forjado desempeñan una función fundamental resolviendo soluciones constructivas de encuentro y funcionando como elemento estructural a pequeña escala. En algunos casos los entendemos como cosido de la fábrica, por ejemplo uniendo las piezas talladas de piedra en la cornisa como en este caso para evitar su vuelco, en otros como elemento de anclaje o atado entre dos piezas del mismo o diferente material, es el caso particular del herraje que amarra la semicercha al muro. En definitiva contribuyen a que una estructura se comporte globalmente con la mayor uniformidad posible.



Figura 10
Tirante de madera con herraje anclado a la cornisa por la cara superior

Independientemente de la variedad de herrajes utilizados en el palacio con mayor o menor complejidad en su forja, encontramos, como es obvio, multitud de clavos de diferentes dimensiones para unir piezas de madera y metálicas. Algunos encuentros como por ejemplo entre los tirantes diagonales de madera y las semicerchas se realizaron mediante clavos, pero otros como los de par y nudillo se solucionan con ensambles en la propia madera sin necesidad de utilizar clavos, que a veces eran difíciles de suministrar además de tener un coste elevado (Borrallo 2005). Pero la utilización de estos y otros herrajes en la obra siempre aumentaba el afianzamiento frente a posibles movimientos y deformaciones de la estructura.[2]

Alusión a la tratadística

La utilización del hierro y la madera como material de construcción se remonta muy atrás en la historia. Estos dos materiales no se emplearon con frecuencia hasta etapas muy avanzadas. La construcción naval griega y romana ya utilizaba metales protegiendo las embarcaciones de madera.[3] Los griegos utilizaron piezas metálicas para trabar en muros de piedra y en los ejes de las columnas. Vitruvio describe también el uso de la madera en carpintería. Los romanos comenzaron a utilizar la clavazón de hierro en estructuras de madera. A lo largo de la historia de la construcción se han creado diversas estructuras de madera usando el hierro como material auxiliar.

En general podemos hacer alusión a tratados que han podido influir en la práctica de la arquitectura del periodo en el que se construyó el palacio de don Fernando. Podemos recordar ahora el tratado de Leon Battista Alberti *De re aedificatoria* publicado en 1485 donde encontramos algunas referencias a las armaduras de cubierta de madera, o los de Sebastiano Serlio entre 1537-1575 y Andrea Palladio en 1570 que insisten en la práctica de diferentes sistemas estructurales triangulados de madera para cubiertas e incluso puentes de grandes luces. También debemos conocer el texto de Bernardino Baldi de 1621 que describe el comportamiento estructural de una armadura, o el de Philibert de L'Orme cuyo tratado constituye el único específico de carpintería del siglo XVI. Finalmente es conveniente tener en cuenta entre otros a López de Arenas en España, cuya transcripción por Enrique Nuere se hace imprescindible

para estudiar las técnicas de construcción con carpintería de armar entre otros muchos.

Es a partir del siglo XVI cuando los tratadistas comienzan a dejar constancia por escrito y gráficamente diferentes soluciones, además de las que ya se conocían, con madera y hierro conjuntamente o por separado funcionando estrictamente como sistemas de atado según los hemos descrito anteriormente. Por ello nos interesa documentar estos sistemas a la luz de la tratadística a través del palacio de don Fernando como ejemplo.

El artífice principal del proyecto, Hernán González, hizo patente el carácter italiano en el Palacio de don Fernando haciendo alusiones arquitectónicas al tratado de Sebastiano Serlio. Además del uso de la serliana en la entrada desde el Patio del Cenador, reconocemos cierto acercamiento alegórico al orden rústico utilizado en la fachada norte y descrito en el tratado del boloñés. Pero leyendo más allá de los elementos compositivos utilizados en el palacio, si buscamos referencias a elementos cuya función es estructural como los tirantes de hierro forjado que vemos en fachada encontramos en el Libro Cuarto del tratado la utilización de tirantes similares usados para contrarrestar los empujes de las bóvedas, pero sobre columnas. En nuestro caso, visualmente los percibimos de forma diferente. Si bien el boloñés no muestra la cabeza del tirante, en el palacio sí se ve, aunque según tratadistas posteriores como Luís Gaztelu en el siglo XIX que describen con más detalle diversos herrajes, aconsejan cuando se amarra un elemento metálico al muro, abrirle una caja de manera que posteriormente quedaran ocultos. No sabemos si éste era el planteamiento de proyecto pero lo cierto es que en cualquier caso se optó por colocarlos amarrados a la cara exterior del muro que es como mejor funcionan estructuralmente sin importar si son o no vistos.

Cuando hablamos de sistemas de atado tratamos de poner en valor su función pero también su materialidad. Es interesante ver cómo dependiendo de la época, el tratadista o la obra se apoya más el uso de la madera o el metal (hierro o bronce) como elementos que arriostran una construcción. Philibert de L'Orme desaconseja el uso del hierro en los empotramientos de las vigas de madera. Por otro lado en periodos posteriores aparecen tratadistas que apoyan el uso del hierro como material de atado estructural frente a la madera que estorba más la visión en estancias con una clara proporción rectangular según el manuscrito de Rodrigo Álvarez en 1699. De nuevo aquí se hace alusión a los tirantes vistos desde el interior, lo cual no se produce en el palacio de don Fernando. Posteriormente en el siglo XVIII Christiano Rieger muestra a través de dibujos mucho más detallados los tirantes de hierro atando muros de fábrica ocultando el amarre dentro del muro. Incluso en su texto sobre tirantes se podría decir que habla de una especie de fábrica armada, pues también dibuja tirantes verticales embutidos en los muros. Prácticamente en el mismo periodo Benito Bails también pone en valor el tirante de hierro con la cabeza vista en fachada y probablemente ocultos en el interior por la posición que ocupan a la altura de los forjados. Este sistema se parecería más al utilizado en el palacio.

En lo que respecta al uso de herrajes, los cuáles también se pueden considerar elementos que arriostran una estructura aunque a otro nivel como hemos visto, los tratadistas anteriormente mencionados y muchos otros dedican bastante atención. Destacamos a Fray Lorenzo de San Nicolás recomendando una especie de pletinas metálicas clavadas para unir piezas de madera en el siglo XVII, o a Jean Rondelet en el XIX desglosando un amplísimo catálogo de soluciones con herrajes que unen piezas de madera, de fábrica o ambas aportando un claro avance en la tecnología de la construcción.

Hablando de avances tecnológicos volvemos al palacio de don Fernando. Nos crea interés el hecho de que en un edificio construido en el siglo XVI con las soluciones estructurales y constructivas que hemos descrito no tenga referencias concretas en los tratados o manuscritos conservados del mismo periodo sobre la manera de ejecutar los sistemas de atado utilizados. Los tirantes diagonales como los que hemos explicado anteriormente funcionando en un sistema de esta complejidad en el siglo XVI demuestran que las técnicas constructivas iban muchas veces más allá de la teoría. Sin embargo, encontramos soluciones similares en tratados del XVIII y del XIX cuando la construcción está mucho más avanzada tecnológicamente. Esto nos lleva a valorar mucho más el diseño de los elementos que mantienen en equilibrio el palacio proporcionándolos de una cierta novedad en la época. En el caso del sistema de tirante diagonal clavado en la semicercha y la viga inferior de madera es muy peculiar e innovador ya que no tenemos constancia de que esté descrito como tal en los tratados y manuscritos de aquel momento. En principio

podemos pensar que un tratado se escribía para llevar a cabo el buen hacer en la construcción de la edificación posteriormente ejecutada. Pero la lectura la podemos hacer al contrario. Es obvio que muchos tratadistas han escrito sobre otros anteriores y como es lógico dando un paso más con la experiencia de las edificaciones previas. En este caso podemos afirmar que en el siglo XVI en Toledo a través de este Palacio se consiguió resolver un problema de atirantado con elementos constructivos de la época diseñados y construidos de una manera poco común que nos lleva a profundizar en una investigación mucho mayor estudiando otros edificios con sistemas de atado similares a priori comparándolos paralelamente con manuscritos sin editar y la tratadística de su mismo periodo y posterior.

Conclusiones

El estado del palacio de don Fernando de la Cerda y Silva en Toledo ha llevado consigo una serie de intervenciones importantes de consolidación sirviendo al mismo tiempo de laboratorio en el cual se han podido estudiar el diseño y la construcción de los sistemas de atado estructural que hemos descrito. Una vez estudiados nos damos cuenta de la importancia y el valor que tienen aquellos elementos que se encuentran ocultos total o parcialmente desempeñando una función fundamental en la estabilidad de una estructura y la construcción.

El valor que adquieren estos sistemas y en particular los descritos en el palacio, se debe a la inexistencia de documentación de los mismos hasta el momento gracias a las últimas intervenciones llevadas acabo. Además la casi inexistencia de publicaciones al respecto, más allá de los tratados y manuscritos de arquitectura, dejan abierto un interesante campo de trabajo e investigación y búsqueda de textos menos conocidos que nos ayude a explicar con más certeza y detalle la historia de la construcción a través de ejemplos como éste.

La relación entre la manera de ejecutar los sistemas de atado en el palacio sin verse reflejada en los textos publicados o no de la época despierta un interés que nos lleva a pensar en estudiar los vínculos que existen entre lo que se dice en un tratado y se ejecuta después o viceversa, es decir, ver hasta qué punto un tratado de arquitectura ha influido en las construcciones que se han hecho después o cómo esas construcciones han podido influir en los tratados que se han escrito con posterioridad. Al menos el edificio en cuestión nos plantea reflexionar sobre ello.

Finalmente más allá de pretender sacar conclusiones concretas en el edificio de las Carmelitas Descalzas de Toledo como ejemplo, entendemos que el trabajo sobre el estudio de estas soluciones constructivas sacadas a la luz en el caso concreto de este antiguo palacio sirven de base para desarrollar una investigación con una perspectiva mayor en el ámbito de la historia de la construcción.

Notas

1. La fecha de uno de los azulejos talaveranos que forman parte del suelo de la capilla ochavada del palacio confirmaría que en 1575 la obra del palacio estaba casi acabada en lo que hoy podemos contemplar. El resto se podría haber terminado en los meses siguientes de manera que en 1578 ya servía de residencia a la familia de la Cerda (Blanco 2004).
2. En ocasiones los clavos en estructuras de madera no se empleaban con el fin de afianzar o asegurarse de que las piezas conseguiría mayor estabilidad. Se solían usar porque evitaban las características deformaciones de la madera al no estar suficientemente seca en obra (Fernández Cabo 1991).
3. Milagrosa Borrallo Jiménez hace referencia en su artículo a la obra *The Internacional Book of Word* de Jonson Hugh 1978, donde se habla del uso de la madera y el hierro en las construcciones navales.

Lista de referencias

Alberti, Leon Baptista. 1582. *De Re Aedificatoria. Los diez libros de arquitectura*. Albatros. Facsímil de la edición de Madrid.

Bails, Benito. 1796. *Elementos de Matemática. Tomo IX Parte I. que trata De la Arquitectura Civil.* Editado en la imprenta de la viuda de D. Joaquín Ibarra. Madrid: CEHOPU.

Blanco Mozo, Juan Luis. 2004. *El Convento de Carmelitas Descalzas de San José de Toledo: Estudio Histórico*. Madrid

Borrallo Jiménez, Milagrosa. 2005. «Evolución histórica del uso de elementos metálicos en la construcción con madera». En *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Candelas Gutiérrez, Ángel L. 1998. «La carpintería de armar en los tratados europeos de los siglos XVI y XVII». En *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Choisy, Auguste. [1873] 1999. *El arte de construir en Roma.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Fernández Cabo, Miguel. 1991. *Armaduras de cubierta en la región leonesa*. Tesis doctoral. UPM.

Gaztelu, Luís. 1899. *Carpintería de Armar*. Madrid: De Bailly-Bailliere

Gómez Sánchez, M. Isabel. 2002. *El proyecto de armaduras de madera: 1500-1810*. Tesis doctoral. UPM.

Jousse, Mathurin. 1627. *Le Theatre de L'art de charpentier*. La Flèche: Gorges Griveau.

L'Orme, Philibert de. [1561] 1894. *L'ouvre de Philibert de L'Orme: comprenant le premier tome de l'architecture et les nouvelles inventions pour bien bastir et à petit frais*. Paris: Librairies Imprimeries Réunies.

López de Arenas, Diego. 1633. *Breve compendio de la Carpintería de lo Blanco y Tratado de Alarifes*. Facsímil de la primera edición de Sevilla: Luis Estupiñán.

Marías Franco, Fernando. 1986. *La Arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631).* Madrid: CSIC. Instituto provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos.

Nuere Matauco, Enrique. 2000. *La carpintería de armar española*. Madrid: Munilla-Leria

Palladio, Andrea. [1570] 1998. *Los cuatro libros de arquitectura*. Madrid: Akal.

Rieger, Christiano. 1763. *Elementos de toda la arquitectura civil.* Traducido por el P. Miguel Benavente. Madrid: Por Joaquín Ibarra.

Rondelet, Jean. [1843] 2001. *Traité Théorique et Pratique de L'Art de Bâtir*. Madrid: Instituto Juan de Herrera. Fondo antiguo de la ETSAM. Edición Facsímil.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. [1663] 1989. *Arte y uso de la Arquitectura*. *Segunda parte*. Madrid: Editorial Albatros

Serlio, Sebastiano 1984. 1584. *I sette libri dell'Architetura*. Facsímil de la edición de Venecia de 1584. Bolonia: Araldo Fori.

La «pequeña historia de la construcción» o las repetidas intervenciones en edificios históricos: el caso de San Pedro de Avila

Soledad García Morales
Mª Eugenia Escudero Lafont

La iglesia de San Pedro de Ávila es uno de los más emblemáticos edificios del románico de esta ciudad. Su ubicación en la Plaza de Santa Teresa lo convierte en un monumento muy dibujado o fotografiado desde antiguo

Como muchos otros edificios históricos, ha sufrido transformaciones como consecuencia de estados patológicos más o menos graves. En general, son conocidas muchas de las referencias a las «grandes intervenciones» (proyectos de cierta entidad, con intervenciones financiadas generalmente con dinero público), pero también en muchos momentos las únicas obras de construcción que se llevan a cabo en este tipo de edificios son inversiones privadas, de pequeña entidad, sin control técnico o artístico. En muchos casos, respondían a obras de mantenimiento o reparación.

Las autoras han estudiado con detalle la información existente sobre todas las intervenciones realizadas en la iglesia de San Pedro de Ávila desde mediados del siglo XIX, apoyándose en los libros de fábrica parroquiales, y en la documentación sobre los proyectos realizados en el siglo XX. Comparando estas informaciones con la serie fotográfica completa disponible, han establecido hipótesis sobre las intervenciones realizadas, la eliminación de cuerpos existentes, y las lesiones patológicas que podrían tener origen en defectos constructivos o de diseño, luego arrastrados a lo largo de los años.

Este tipo de estudio resulta interesante como metodología para abordar el conocimiento integral de este tipo de monumentos, y constituye una reflexión sobre la repetición de errores constructivos.

Contenido del estudio y premisas previas

El presente trabajo expone algunos de los estudios realizados en la iglesia de San Pedro de Ávila, que se llevaron a cabo dentro de un programa más amplio de estudios previos promovido por la Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León a lo largo de los años 2009-2011, en el que han participado, de forma interdisciplinar, varios equipos. El nuestro se ha encargado del estudio patológico de las humedades que han afectado al edificio a lo largo de su historia, y para abordarlo hemos hecho una investigación histórica de las intervenciones.

La decisión de incluir, en una investigación sobre patología, el estudio de las intervenciones realizadas obedece a un planteamiento previo, cuyas premisas se podrían resumir en tres puntos:

Primero: muchos edificios históricos no se encuentran actualmente en su estado original. La mayoría han experimentado transformaciones, a veces radicales, como algunos autores han estudiado y puesto de manifiesto (Soraluce 2008).

Segundo: muchas de estas transformaciones se han producido para solucionar problemas patológicos. En ellos la historia de las intervenciones está, por tanto, muy relacionada con el historial patológico.

Tercero: la historia de la construcción de un edificio es también la historia de sus sistemas constructivos y de sus materiales, y debe recoger las modificaciones, pequeñas o grandes, experimentadas por ellos. De esta forma se completa la comprensión del edificio, además de que se detectan deficiencias originarias de los sistemas constructivos y se proporcionan criterios para abordar nuevas intervenciones o programar operaciones de conservación y mantenimiento.

Breve reseña histórica sobre la iglesia de San Pedro de Ávila

La iglesia de San Pedro de Ávila (figura 1) es uno de los más emblemáticos edificios del románico en esta ciudad. Comenzó su construcción a finales del siglo XI, y se cerraron las bóvedas en el siglo XII. La planta de la iglesia es de tres naves en correspondencia con tres ábsides, y crucero pronunciado, rematado por cimborrio cuadrado.

Lampérez (1930) plantea la hipótesis de que la primitiva bóveda de la nave central sería de medio cañón, sin ventanas, y que éstas se habrían abierto posteriormente, modificando la estructura y cubriendo la nave con bóvedas de crucería, como se ve actualmente (figura 2). Esta modificación producirá, a lo largo de los siglos, dos efectos: por una parte, la modificación del sistema original genera un defecto de contrarresto de cargas que terminará por ocasionar lesiones estructurales; el segundo efecto consiste en la dificultad de diseñar las pendientes de las naves laterales sin tapar las ventanas de la nave central. Como veremos, estos dos factores han motivado muchas de las intervenciones históricas en el edificio.

A estos factores ha de añadirse que la fábrica de sillería original se realizó con piedra de las cercanas canteras de la Colilla, de las que se extrae un granito muy meteorizado, de colores rojizos muy vistosos, que se ha utilizado mucho en los monumentos abulenses. Se trata de de una piedra de mala calidad, que se descohesiona y areniza en contacto con el agua. Comercialmente es conocida como piedra Caleño.

Se cita en las referencias habituales el hecho de que la iglesia experimentó una temprana reparación o reconstrucción ya en el siglo XIV (Fernández Suárez 1985) debido a los empujes de las bóvedas, lo que



Figura 1
Vista aérea de la iglesia de San Pedro en 2010 (Goolzoom, 2010)

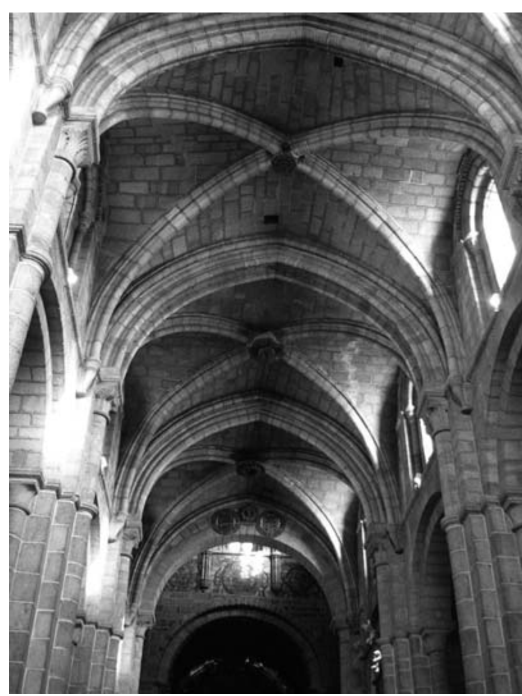


Figura 2
Nave central. (Fotografía de las autoras, 2010)

ocasionó desplomes en los muros y obligó a la construcción de contrafuertes y pináculos de granito, y a enmarcar el rosetón del hastial Oeste también en granito. Pero aparte de estas referencias, no se había estudiado con detalle el historial de las intervenciones recientes, lo cual es el contenido de la presente comunicación.

Estudios realizados

Para desarrollar nuestro estudio, se ha seguido una metodología que combinaba los estudios histórico-constructivos (sobre todo los que se referían a datos sobre intervenciones realizadas en la iglesia), los estudios patológicos del estado actual, el análisis de la documentación gráfica y, sobre todo, de la fotográfica disponible.

Investigación histórica de las intervenciones

Se ha centrado en el análisis de la documentación sobre las intervenciones realizadas en el edificio desde 1856, que son de dos tipos: las que fueron promovidas y financiadas por la Administración, y las que lo fueron por cuenta de la misma parroquia. De las primeras se conservan las Memorias de los Proyectos de Intervención (1); para obtener la información sobre las otras, de las que normalmente no hay documentación técnica ninguna, se han estudiado los libros contables de la parroquia desde 1856 hasta 2006.

Intervenciones promovidas por la Administración

Las intervenciones promovidas por la Administración son:

1917-22: Proyecto de D. Enrique Repullés y Vargas (2), que realiza pequeñas reparaciones en la cubierta, y recalza la cimentación del muro norte. Sustituye asimismo algunos sillares del zócalo del muro norte, por granito rosa.

1929: Obras de Restauración y Consolidación a cargo de D. Emilio Moya Lledós, para consolidar fábricas agrietadas y desplomadas. Había grietas interiores y exteriores, en las naves y la fachada oeste. Propone un engatillado atirantado en los cuatro primeros tramos de las naves, pero existe duda sobre si se llegó a ejecutar (figura 3). También proyecta el recalce del muro Sur, con hormigón en masa, y sustituye algunos sillares del mismo muro. Se proyecta también el desmontaje del tejado, colocando sobre la estructura de madera planchas de Uralita como nuevo soporte de la teja.

En esta intervención se demolió la llamada «sacristía vieja»: cuerpo adosado al oeste del brazo norte del crucero. La Memoria del Proyecto habla de ella como de una edificación sin valor, utilizada como trastero y cuyo tejado estaba parcialmente hundido.

1932: De nuevo se proyectan Obras de Consolidación dirigidas por D. Emilio Moya. Se trata de la continuación de las anteriores, recalzando el muro Oeste y los del crucero, mediante cimentación de hormigón en masa. Se presupuestaron sustituciones de piedra hasta nueve hiladas, en el crucero, la fachada principal, y contrafuertes de la misma fachada y del muro sur. La piedra a utilizar sería granito y piedra caleño. Se habla también de sustitución de dovelas en nervios deformados de las bóvedas, pero no

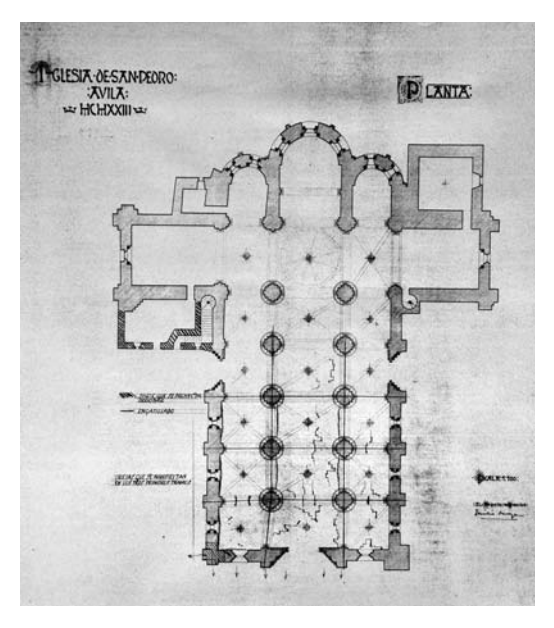


Figura 3
Planta de la iglesia del proyecto de Moya, con indicación de los atirantados y demolición del cuerpo de la sacristía vieja, en el ángulo entre crucero y nave norte (Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León)

aparece esta partida en el presupuesto, por lo que no hay seguridad de que se llegara a realizar.

1936-39. Al parecer, comenzó la guerra mientras la iglesia se encontraba en ejecución de las obras anteriores. Se hicieron apeos de urgencia para evitar la caída de dovelas. La iglesia amenazaba ruina. Parte de las obras proyectadas no se llegaría a hacer.

1948-51: Proyecto de Consolidación y Restauración a cargo de D. Anselmo Arenillas Álvarez (quien trabajó en esta iglesia a lo largo de veinte años, a partir de este momento). Se desmontó la cubierta de la nave sur, cuyos pies derechos de madera cargaban sobre las bóvedas. (La reforma de la nave norte, al parecer, se había hecho en la obra de 1929-32). Al rehacer el faldón sur, se rebajó la pendiente para dejar vistos los ventanales de la nave central y permitir la entrada de luz. La solución constructiva fue un tablero de rasilla sobre palomeros, a modo de azotea, sobre el que se colocaría provisionalmente la teja, a la espera de poder impermeabilizar mejor más adelante.

El proyecto proponía de nuevo recalzar el muro sur y los contrafuertes (dato contradictorio, si ya se había hecho este recalce entre 1919 y 1932, lo cual nos hace pensar que no se llegó a realizar la obra anterior). Para el refuerzo de contrafuertes Arenillas propone trabar nuevos sillares con los antiguos, hasta la altura de los capiteles.

En la fachada principal, plantea desmontar el rosetón, que estaba en mal estado, y rehacer piezas rotas

En el interior, se proyecta encimbrar y acuñar dovelas de los arcos de la nave sur «como se había hecho antes en las otras». También se proyecta reponer el zócalo interior en las zonas donde no se había hecho en las intervenciones anteriores. También se picaron yesos de revestimiento en el crucero para dejar la piedra vista. El proyecto señala que en el resto de la iglesia ya se había hecho antes.

1951: Continuación de las obras de Arenillas. Fue en este año cuando se ejecutó la proyectada reforma del tejado de la nave sur.

1953: Proyecto de Restauración en el Interior: es continuación de las obras de Arenillas. La intervención se centró la eliminación de guarnecidos y pintura del brazo norte del crucero, y lateral sur-oeste. Se rejuntó la sillería y se taquearon algunos sillares. También se habla de sustitución de cornisas y canecillos, sin especificar, y de reposición de parte de la tarima a los pies de la iglesia y en la nave sur, pues había sido arrancada en la guerra.

1965-68: Proyecto de Restauración de vidrieras y Consolidación de contrafuertes, de nuevo a cargo de D. Anselmo Arenillas. Se procedió por fin al desmontaje del rosetón del muro oeste, para su restauración.

En los tejados, se proyectó una impermeabilización de los tableros de las cubiertas de ambas naves laterales, con tela asfáltica, y colocando de nuevo la teja encima.

El proyecto habla de una partida para chapar con sillares de 15 cm de espesor en el muro sur y en toda la iglesia, pero no hay datos sobre lo que realmente se ejecutó.

En el interior, se rejuntaron grietas en bóvedas.

1968: Continuación de las obras anteriores, dirigidas de nuevo por D. Anselmo Arenillas. Se ejecutaron los refuerzos de contrafuertes de la nave Norte, alguno de los cuales estaba desplomado 60 cm. El proyecto describe un núcleo de hormigón chapado con sillares de piedra de 15 cm, aumentando la sección de aquéllos, y reforzando su cimentación con hormigón y ladrillo.

En el interior de la iglesia, aparte de seguir el rejuntado de grietas en bóvedas a los pies de las naves, y del zócalo sur, se llevó a cabo una modificación del presbiterio, adelantando el altar, y quitando su reja (que se habría de llevar al baptisterio).

1979-80: Intervención en las naves y en cubierta: Proyecto de Conservación y Restauración, de D. Jesús Fernández Suárez. Se describe un estado general del edificio de ruina incipiente, con desplomes generales, grietas en las bóvedas de las tres naves, y el cimborrio, así como en muros, ábside y torre; incluso en algún contrafuerte.

Acomete primero la construcción de un zuncho perimetral de hormigón en la coronación de los muros, arriostrando estos mediante cerchas metálicas de celosía con una forma aproximada de «U» invertida, coincidentes con los arcos fajones. Según cita el arquitecto, «cada cercha llevaba dos tramos verticales empotrados en los contrafuertes de la nave central, y se prolongan en vigas que terminan en los zunchos de las naves laterales, formándose un enjaulado de gran rigidez que absorbe todos los empujes» (Fernández Suárez, Fernández Tresguerras, Somoza Arias, 1985).

En el cimborrio se construyó, además de un zuncho perimetral, una cáscara de hormigón en el trasdós. En los tejados de las naves laterales se aprovechó el ta-

blero de ladrillo de las últimas intervenciones, y para formar el tejado en la nave central se construyó un tablero cerámico sobre correas metálicas.

1982: Segunda fase de la intervención dirigida por D. Jesús Fernández Suárez. En esta ocasión se intervino sobre el tejado de los ábsides y la sacristía, modificando el faldón. También se repusieron algunas piezas de cornisas y canecillos.

Se modificó el remate de la torre, que era de ladrillo y estaba agrietado. Se construyó un nuevo cuerpo de sillería, sustituyendo al anterior, y se taquearon algunos sillares de granito del cuerpo bajo, que estaban disgregados

1998-2001: Reforma de los faldones de las cubiertas de las naves laterales. Proyecto de Dña. Vega Ortiz Martín. Se sustituyó la cubrición anterior por chapa de zinc, y se hicieron baberos en los encuentros.

Datos extractados de los libros de la parroquia

Los datos extractados de los libros de la parroquia, que carecen de proyecto técnico previo, se han clasificado por capítulos:

1. Demoliciones
2. Intervenciones estructurales o sobre cimentaciones
3. Obras de albañilería (que engloba las partidas de trabajos varios, sustitución de sillares, etc),
4. Intervenciones en cubiertas (reparaciones en los tejados y en el sistema de evacuación de pluviales)
5. Intervenciones sobre ventanas: carpintería, vidriería
6. Intervenciones sobre solados
7. Obras de fontanería
8. Obras de electricidad, megafonía, etc.
9. Obras relacionadas con acondicionamiento interior: calefacción
10. Otro tipo de obras de mantenimiento o reparaciones menores
11. Gastos de consumo (sobre todo a partir del momento en que se dota al edificio de instalaciones eléctricas o de calefacción)

En total, se han recogido 327 anotaciones. No siempre ha sido fácil la clasificación de las obras, pues al carecer de proyecto, la descripción de los gastos en las facturas es, muchas veces, demasiado genérica.

Las partidas económicas se han recalculado para poder comparar cantidades. Se ha unificado el valor en pesetas, pues es la moneda más repetida en los años estudiados, y se han calculado el resto de cantidades (las que se anotan en maravedíes, reales, céntimos o euros) utilizando para los primeros una equivalencia del valor durante el reinado de Isabel II, que, si bien no permite un cálculo exacto para todos los años, supone una primera aproximación. En esta equivalencia, 34 maravedíes suponen un real, y éste es 25 céntimos de peseta. El valor del euro se toma como 166,386 pesetas.

En este estudio, se ha intentado detectar las partidas que se repiten, pues son las que podrían hablar de defectos originarios del edificio, y también los gastos de importancia, que remiten a intervenciones grandes.

Estudio de la documentación gráfica

Los planos existentes inicialmente eran los publicados en Monumentos Arquitectónicos de España (3), a los que se añadían los planos publicados por Fernández Suárez, Fernández Tresguerras y Somoza Arias (1985), y los que hemos podido consultar en la documentación de los proyectos (1). Actualmente la Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León ha llevado a cabo nuevos levantamientos de planta, alzados y secciones, todavía sin publicar.

Lo más importante, sin embargo, ha sido la información proporcionada por las más de cuarenta fotografías antiguas existentes, de las cuales muchas están disponibles en la web (4). Como la iglesia de San Pedro está situada en la Plaza de Santa Teresa, corazón de la vida municipal a lo largo de los siglos, la iglesia aparece en muchas fotos. El inconveniente es la imprecisión de las fechas, que hemos tratado de solventar precisamente por comparación de unas y otras, y estableciendo correlaciones con las obras de intervención.

Estudios patológicos

Los estudios patológicos sobre el estado actual parten de la detección y cartografía de las lesiones actuales. La comparación de esta información con la

que proporcionan las dos anteriores, permite comprender mejor la patología, pues ésta se desvela en su proceso histórico.

Interpretación de los estudios realizados

De los datos anteriores, y del resto de información extractada del archivo de la parroquia desde 1856, se extrae bastante información, de la cual se resumen algunos puntos a continuación:

La iglesia parece haber tenido, al menos desde mediados del XIX, una configuración en planta y volumétrica bastante similar a la actual. Tan sólo se han producido las siguientes modificaciones:

La desaparición de «la antigua sacristía»

Era un cuerpo de tres plantas que se adosaba al rincón entre el brazo Norte del crucero y la nave. Ocupaba el espacio del tramo entre el quinto contrafuerte y el crucero, con tejado inclinado hacia la calle (figura 4). Tenía el mismo tipo de guardapolvo sobre las ventanas que en el muro de la nave central, y parece que estaba revocado (figura 5). Se ve bien en bastantes fotos antiguas.

Se mencionan obras allí, por cuenta de la parroquia, en 1871, y se hunde el tejado; posteriormente se hacen obras en 1876; se le arregla el tejado en 1913; de nuevo hay obras de albañilería y carpintería en 1930. Finalmente fue demolida en algún momento entre 1929 y 1932, en la intervención de Moya Lledós. En esta misma fecha de 1930 se hicieron obras en la cabecera, y pudiera tratarse de la habilitación como sacristía de la capilla situada junto al ábside sur, en sustitución de la que se acababa de demoler.

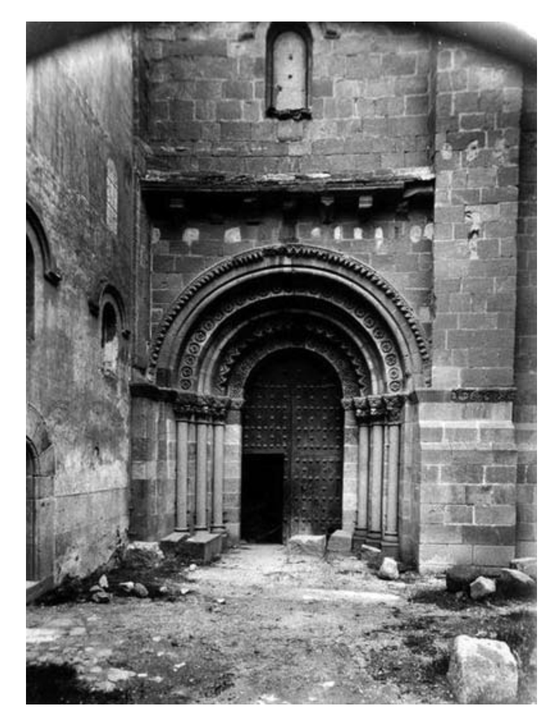


Figura 5
Fotografía de 1928 en la que se puede observar, perpendicular a la portada norte, la fachada de la antigua sacristía. (Foto: Pelayo Mas 1928, Archivo de la Diputación Provincial de Ávila)



Figura 4
Fotografía de 1920, en la que se aprecia el volumen de la antigua sacristía (Postal. Ed Lucas Martín)

Recalce de la cimentación y refuerzo de los contrafuertes

La iglesia fue reforzada en su muro hastial (esquina SO) en fecha no conocida, mediante la construcción de un poderoso contrafuerte de esquina. Este aparece ya en 1847, en un dibujo de Francisco de Paula Van Halen que se conserva en la Biblioteca Nacional; por lo tanto, no se trata de un añadido contemporáneo. Las grietas del muro hastial se observan asimismo en las fotografías más antiguas.

Descritos los problemas estructurales al menos desde el proyecto de D. Emilio Moya en 1929, se fueron paulatinamente recalzando los cimientos de los muros exteriores. Primero en el muro norte, en el año 1919, y posteriormente en el muro sur (1929), muro oeste y crucero (1932). El proyecto de 1948 habla de recalces de nuevo en el muro sur, (lo cual es extraño: puede que Arenillas desconociera la obra de 1929, o bien que en la obra anterior no se llegara a hacer), y del recrecido de los contrafuertes de las naves laterales, que sí se hizo: la descripción de la memoria habla de reforzarlos «en fábrica de sillería y hasta la altura de los capiteles de la nave baja. Esta fábrica nueva se trabará y enlazará con la vieja con aparejo conveniente y buen mortero de cemento»

Más adelante (1965 ó 68) continuará Arenillas el refuerzo de contrafuertes de la nave norte, de la siguiente manera «se dispone su reconstrucción en hormigón armado chapado con losas de cantería de 15 cm. de grueso aparejadas lo mismo que la cantería actual. Esta obra supone desmontar los contrafuertes actuales previo fuerte apeo, y reforzar la cimentación con hormigón y ladrillo haciéndolo por puntos, y, por supuesto, sustituyendo un contrafuerte y luego otro, sucesivamente, no al tiempo». El dibujo de la planta de los contrafuertes proyectados se presenta en la figura 6.

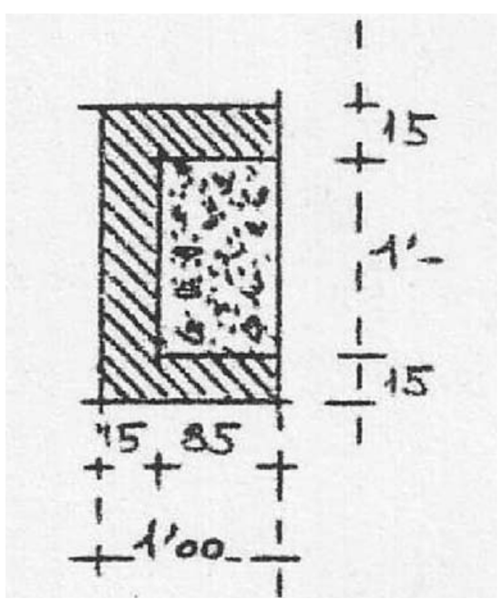


Figura 6
Dibujo del refuerzo del contrafuerte proyectado. (Memoria del Proyecto de D. Anselmo Arenillas, 1968. Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León)



Figura 7
Fotografía del contrafuerte a la derecha de la portada norte, en 2010 (foto de las autoras)

Se puede asimismo ver la diferencia entre el estado original de los contrafuertes (Figura 5) y el actual (figura 7)

Atirantado y cosido de las bóvedas

El recalce de cimientos fue paralelo a la obra de atirantado de las bóvedas, pues ya Moya había atribuido las grietas y desplomes en los tres primeros tramos de las naves a desplomes en el muro hastial por falta de contrarresto (figura 2: plano de Moya). De este modo se proyectó inicialmente (1929) el atirantado de los arcos formeros y fajones de dichas naves, (aunque no hay seguridad de que se ejecutara, pues no aparece descrito su desmontaje en ninguna otra intervención), y el cosido de las bóvedas. Algo de esto último sí debió hacerse, pues en 1948 Arenillas proyecta encimbrar y acuñar dovelas en la nave sur «como se había hecho antes en las otras». En 1965-68 se vuelve a hablar de rejuntar grietas en las bóvedas a los pies de la iglesia.

La eficacia de las intervenciones en las bóvedas queda en duda, pues el proyecto de 1979-80 insiste en la necesidad de atar las bóvedas mediante zunchado de los muros en su coronación, y mediante las cerchas que se han descrito más arriba.

La modificación de los tejados de las naves

Como ya quedó apuntado, en el siglo XIX los tejados que cubrían las naves laterales tapaban parcialmente las ventanas de la nave central (Figura 8). Además debía haber problemas de filtraciones, pues en la relación de obras de los libros de la parroquia se habla con cierta frecuencia de goteras y se hacían continuas obras en los tejados, generalmente de pequeña monta: 1865, 1866, 1874 (alero de la torre), 1879, 1880, 1894, siendo más importantes en 1889, y sobre todo en las intervenciones de la Administración, 1929-32, 1951, 1965, 1979, 1982, 2001).



Figura 8
Fotografía en la que se aprecia cómo eran los antiguos tejados de las naves laterales, antes de la reforma de 1929-32. (Foto Casiano Alguacil, h.1875. Archivo José Luís Pajares)

El problema de goteras debió motivar la reforma general que inició Moya Lledós (entre 1929 y 1932), y cuyo último episodio es la intervención de 2002. Se comenzó por rebajar la pendiente de los faldones en las naves laterales, construyendo un tablero cerámico sobre tabiquillos palomeros, y sobre él unas veces se dejaba provisionalmente la teja, o Uralita, hasta el momento en el que se pudiera impermeabilizar el tablero. Esta solución, por falta de pendiente, debió dar bastantes problemas. La intervención de 1982 también construyó un tablero cerámico sobre las nuevas cerchas metálicas, en la nave central y el crucero. La teja de acabado fue sustituida finalmente por zinc en las naves laterales, en la obra del 2001.

El cambio de alzado y materiales en el remate de la torre

Obra también de 1982-83, bien documentada en el proyecto de Fernández Suárez, por lo que no mencionaremos nada aquí.

La sustitución de sillares en las fábricas

Como ya hemos indicado, la piedra inicial de la iglesia de San Pedro es la que se conoce como «piedra Caleño», que se deteriora con facilidad en contacto con la humedad, y parece que esto ha ido produciendo la sustitución parcial de sillares a lo largo de los siglos.

En el proyecto de Moya de 1929 se dice, escuetamente, que ya en las reformas y consolidaciones del siglo XIV y XV se utilizó granito, en vez de la piedra Caleño. Es posible que estas sustituciones sean las de los zócalos de los ábsides (figura 9), lo cual permitiría tal vez fechar el contrafuerte del muro hastial, que es de granito, y no de piedra Caleño. Pero además de estas iniciales sustituciones, se realizan otras en todos los muros, ya desde 1917, en parte del muro Norte.

En las fotografías antiguas se ve que durante el siglo XIX y mitad del XX gran parte de los zócalos de las naves, de la fachada Oeste y de parte de los ábsi-



Figura 9
Detalle del ábside central. Se aprecian las hiladas de granito que sustituyen a las originales de piedra Caleño. Sobre ellas, hay dos o tres hiladas más sustituidas por Arenillas posiblemente entre 1950 y 1968 (fotografía de las autoras)

des estaban revocados con un mortero de color blanco (supuestamente cal), que ocultaba el mal estado de los sillares del muro, e incluso la pérdida de piedra en algunos, que se había rellenado con ladrillo. Estos revocos se ven en las fotos desde las primeras disponibles y siguen hasta las fotos de 1927 ó 28, en las que se ve que el revoco se ha caído o picado en la fachada Oeste (a la derecha de la puerta), y persiste en la izquierda. La obra de 1932 proyectaba sustituir hasta nueve hiladas en todo el perímetro de la iglesia, pero no debió realizarse, pues en el muro Sur los revocos aparecen en una foto de 1945 (figura 10). La renovación general de sillares debió hacerla finalmente Arenillas, pues en las fotos de 1950 ya habían desaparecido los revocos, y se habían eliminado también los sillares arenizados, colocando otros nuevos. Este arquitecto, sin embargo, hizo las sustituciones con piedra Caleño, no con granito como se había hecho en 1917, por lo que hoy en día hay sillares modernos intercalados con sillares más antiguos, sin que sea fácil distinguirlos a simple vista.

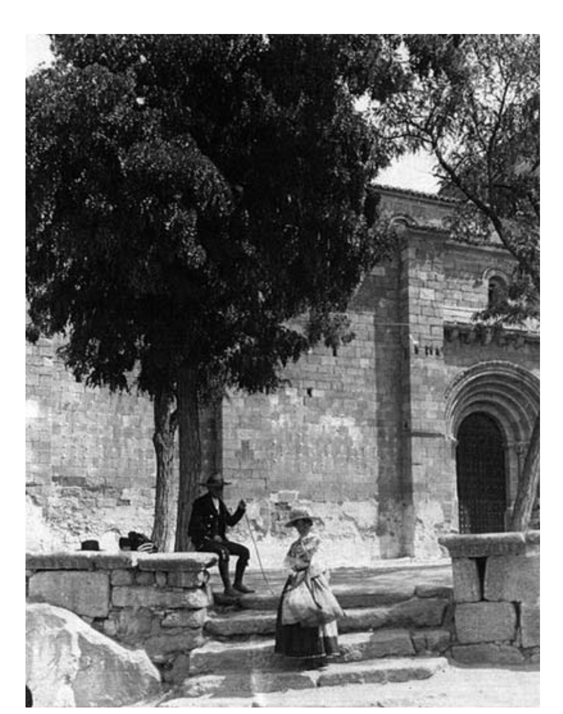


Figura 10
Fachada sur, antes de la sustitución de los sillares. (Foto J. Leirado, h. 1945. Colección José Luís Pajares)

¿Cuál pudo ser la causa del deterioro de la piedra en la antigüedad? Es difícil establecer una hipótesis, dado que no se puede observar bien el estado anterior a los recalces. Normalmente este deterioro de la piedra se asocia a problemas de humedad y cristalización de sales. La morfología de las lesiones «de tipo zócalo» pueden tener dos causas: la humedad de capilaridad desde el terreno, y la de salpiqueo y vertido desde los tejados. La más probable parece la segunda (pues el tipo de terreno que se ve en las fotos, de grandes piedras bastante superficiales, no suele dar humedades generalizadas de capilaridad, y además porque se ve en las fotografías antiguas que se hacen actuaciones de rejuntado de las piedras del zócalo, lo que sugiere que ellos mismos tratan de paliar los efectos del salpiqueo). En cualquier caso, la causa de la humedad sería antigua, habiendo afectado al edificio durante mucho tiempo, antes del siglo XIX, hasta llegar a erosionar mucho los sillares.

Modificaciones del entorno de la iglesia

Además de estas obras, a lo largo de los siglos se ha modificado en bastantes ocasiones el entorno de la iglesia, tanto en superficie como en profundidad: la misma Plaza de Santa Teresa ha tenido varias configuraciones diferentes al menos desde el siglo XIX; el trazado de la nueva calle al Sur de la iglesia, que requirió excavación para la modificación de pendientes; y en estos últimos años, la construcción de sótanos (Caja de Ahorros) y del parking de la plaza de Santa Teresa. No tenemos noticia de que haya habido daños estructurales a la iglesia motivados por obras circundantes contemporáneas.

Obras relacionadas con instalaciones

La mayoría de las veces corren por cuenta de la parroquia

Con respecto a la fontanería, la primera referencia que hemos encontrado es de 1945, en que se habla del montaje de una taza de WC, y cisterna. Hay gastos de arreglos de fontanería en 1948; en 1954 se arregla el aseo; en 1956, «la tubería de la iglesia»; desde 1971 hay todos los años reparaciones o gastos de fontanería de pequeña entidad; en 1978 hay una reparación importante del aseo; en 1984 y 85 vuelve

a haber pequeños gastos; 1991, 1993; en 1995 vuelve a haber otra reparación importante sin especificar; en 1998 otro arreglo del aseo, de cierta importancia, y en 2001 otro pequeño gasto.

La instalación eléctrica debe ser de 1913, en que aparece citada por primera vez como partida. (Hasta 1896 hay referencias a las lámparas de petróleo que se usaban). Hay apuntes de gastos de electricidad, sin especificar, en 1927, 1933, 1942, 1946, 1948, 1951, (desde esta fecha todos los años hay pequeñas partidas de electricidad); en 1982/83, coincidiendo con las citadas obras que la Junta estaba realizando en la iglesia, la parroquia hace nueva la instalación eléctrica.

La calefacción de la iglesia ha pasado por varias etapas. Primeramente, debía calentarse mediante braseros, y desde 1877 el gasto era habitual en «cisco» para los mismos. En 1969 se habla puntualmente de 12 bombonas de gas, y en 1970, de «leña para la caldera» (aunque no hemos encontrado referencia previa sobre qué caldera era esta y cuándo se instaló). Desde 1972 hay un gasto importante de carbón; gasto que se repite todos los años, a la vez que se inicia una suscripción para cambiar el sistema de calefacción a gasóleo. Durante las obras de 1982/83 se ejecutaron los conductos para la impulsión del aire caliente a la iglesia, aunque la caldera seguía siendo de carbón, pues se seguía comprando anualmente hasta 1992, momento en el que debió instalarse la nueva caldera y comenzó el consumo de gasóleo, que es, actualmente, el gasto fijo más importante que tiene la iglesia. Las obras en los locales de caldera y anexos terminaron en 1999.

Conclusiones

El estudio comparativo de referencias de intervenciones, fotografías e inspección actual es una herramienta interesante para el conocimiento del patrimonio edificado. En el caso de la iglesia de San Pedro de Avila, ha sido un instrumento útil para aproximar las fechas de las distintas partes del edificio y de sus materiales, y para estimar la gravedad de las lesiones según su evolución en el tiempo. También ha servido para detectar defectos constructivos originarios, que han podido evolucionar a lo largo de los siglos produciendo problemas repetitivos.

Notas

1. Hemos podido estudiar las copias de los proyectos originales de que dispone actualmente la Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León,
2. Conocemos el proyecto de D. Enrique Repullés y Vargas sólo por la referencia que de él hace D. Emilio Moya en su Proyecto de 1929, que continuaba las obras de aquél.
3. Los *Monumentos Arquitectónicos de España* se publicaron entre 1856 y 1881, por iniciativa estatal y bajo la dirección de una comisión especial, que dependía del Ministerio de Fomento. Se imprimieron en Madrid, y el conjunto lo constituían 281 estampas de grabado, agrupadas en 30 cuadernos.
4. Fotografías que se pueden buscar en avila.es

Lista de referencias

Fernández Suarez, Jesús; Fernández Tresguerras, Ramón; Somoza Arias, Luis. 1985. Restauración de la Iglesia de San Pedro en Avila. *Materiales de Construcción, Vol 35, nº 198*: 49-57

Lampérez y Romea, Vicente. 1930. *Historia de la Arquitectura cristiana española en la Edad Media, Vol 2,* 102. Madrid: Espasa-Calpe

López, Carmelo Luis. 1982. Guia del Románico de Avila y primer mudéjar de la Moraña. Institución Gran Duque de Alba.

Soraluce Blond, José Ramón. 2008. *Historia de la arquitectura restaurada*. A Coruña: Universidade da Coruña.

La bóveda del aljibe del Castillo de Jadraque

Julián García Muñoz
Joaquín Grau Engüix
Carlos Martín Jiménez

La reciente reconstrucción de la bóveda del aljibe del Castillo de Jadraque ha supuesto un auténtico reto. Un reto en lo tocante a la investigación histórica y a la recreación de materiales y sistemas originales, pero también en lo relativo al diseño de la bóveda y a su proceso de construcción. La presente comunicación resume la investigación histórica realizada en torno a esta bóveda y el proceso de reconstrucción de la misma, para el cual se ha diseñado una cimbra ligera que ha permitido evitar la construcción de un encofrado completo.

El Castillo de Jadraque

Del Castillo de Jadraque, una fortaleza medieval situada en un alto sobre el río Henares, se conservan en la actualidad apenas los gruesos muros principales de la construcción del siglo XV. En el interior, vacío, uno de los patios interiores aloja el aljibe abovedado —enterrado, de planta rectangular, y del cual se conservaban hasta hace poco sólo los muros perimetrales— cuya reconstrucción es objeto de esta comunicación.

El edificio se sitúa sobre un cerro en la localidad del mismo nombre, ubicada en el centro de la provincia de Guadalajara. El perímetro de muros altos y de gran espesor ha sufrido numerosas reconstrucciones, y cuenta con pocos huecos, más allá del acceso principal, situado al sur. En esa entrada existen dos torreones semicirculares, del total de seis de este tipo y dos de planta cuadrada que forman el perímetro del edificio. El adarve, accesible a través de una escalera excavada en el muro, está almenado, como consecuencia de las reconstrucciones, y también lo están algunas terrazas de las torres. La construcción mezcla sillares elaborados y sillarejos, siempre en la piedra clara de la zona; también en esto es notable el resultado de las diferentes reformas realizadas a lo largo de los siglos.

Recientes investigaciones sobre este castillo ofrecen información de gran interés sobre los orígenes del mismo, sobre las diferentes etapas de su historia o sobre los sistemas empleados en su construcción. La intención de la presente comunicación, sin embargo, es la de describir exclusivamente la reconstrucción de la bóveda del aljibe del castillo, por lo que en lo sucesivo los detalles que se ofrecen, sean de carácter técnico o histórico, se centrarán en la misma; si se desea información más completa sobre el castillo se recomienda el texto «El Castillo de Jadraque», de Gonzalo Muñíz-Moragas, al que por lo demás se harán, en lo sucesivo, frecuentes referencias.

El aljibe original

Se ha reseñado (López-Muñíz 2003 o Pavón 1990) que el origen musulmán del castillo es, en gran medida, el motivo de que éste contara con diferentes aljibes y estancias subterráneas. López-Muñíz realiza en su estudio del castillo un extenso análisis histórico de

las noticias que se tienen de estos aljibes. Las primeras, que datan del siglo XVI, son simples descripciones arquitectónicas, como en el caso del inventario de la fortaleza realizado en Julio de 1582, del que López Muñiz extrae que:

> El aljibe principal se cerraba con un patio que ofrecía luz y ventilación al palacio («que heran los pilares que se renovaron en el patio del alxive») y tenía dos alturas («como las aldabillas de las ventanas del patio del aljibe las altas»). (López-Muñíz 2003, 26)

Desde entonces y hasta bien entrado el XX, los comentarios apuntan a combinaciones de amplios espacios excavados e intrincadas redes de galerías, exageraciones que provocaron «todo tipo de conjeturas al respecto, dando pie a imaginativas leyendas de pasadizos y minas en el cerro» (López-Muñíz 2003, 26). Es el caso de los comentarios de Sebastián Castellanos:

> En su descripción de castillo (de Sebastián Castellanos), llama su atención «las obras subterráneas que formaban bodegas, cuebas, cuadras y almacenes». Es llamativo el tamaño que debían tener estas dependencias cuando Castellanos les otorga tan diversas funciones (López-Muñíz 2003, 26).

y, de manera más enfática, de Layna Serrano:

> En Castillos de Guadalajara (Layna 1994) podemos leer que «amplios subterráneos se comunican entre sí para servir de depósito de víveres y municiones, o refugiarse en ellos cuando las balas de piedra caigan sobre los débiles departamentos interiores. Tales son las particularidades de este Castillo de Jadraque» y que «En el interior, aparte de los sótanos mencionados y amplios aljibes que aseguran la provisión de agua durante un largo asedio». Está claro que la visión de Layna peca de cierto romanticismo (López-Muñíz 2003, 26).

Más realistas parecen los comentarios recientes, realizados en muchos casos por los diferentes arquitectos que intervienen en el castillo. González-Valcarcel y Rodríguez Cano, aunque hablan en las memorias de sus proyectos de reconstrucción de que originalmente existieron «amplios subterráneos comunicados que servían de depósitos y almacenos, o como refugios en caso de ataque» dan noticia en 1961 de que, durante el desescombro de uno de los patios, se ha descubierto un aljibe en piedra de 5 metros de profundidad, cuya limpieza proponen en 1962. También la memoria del proyecto de Carlos Baena, de 1982, «distingue con claridad los aljibes propiamente dichos de los almacenes», y diferencia el aljibe de menor tamaño del gran aljibe central, «un gran foso en el que aparecen la base de dos columnas que soportarían el forjado, con lo que se formaba el subterráneo» (López-Muñíz 2003, 27-28)

De entre los historiadores del siglo XX, es Pavón Maldonado el que estudia los aljibes con mayor detalle. También habla de los dos principales, aunque entiende que sólo el mayor es de origen islámico. Describe sus dimensiones y características materiales, y lo analiza formalmente, entendiendo, como Baena, que «se divide en dos naves estrechas separadas por pilares rectangulares de ladrillo, que sostendrían bóvedas de cañón también en ladrillo», una tipología que considera «muy empleada en el mundo romano» y de la que «dentro de la provincia de Guadalajara encontramos otro aljibe, el del castillo de Valfermoso de Tajuña» (López-Muñíz 2003, 28-29)

En 1987, el aljibe principal se cubrió con un forjado de hormigón, apoyado sobre un pilar central de ladrillo. Estas obras, encargadas por la Diputación Provincial, tenían la intención tanto de proteger la fábrica original, limitando su deterioro, como de evitar accidentes en el castillo.

El nuevo aljibe

Muchos de los datos de carácter histórico eran, por lo tanto, confusos. Los aparentemente más fiables parecían indicar que el aljibe original habría estado cubierto por una doble bóveda de cañón, que descansaría en los muros de borde y en un teórico muro central, que sería en realidad una sucesión de arcadas que conectaría las dos bóvedas; una solución semejante a la empleada en el castillo de Valfermoso de Tajuña.

Sin embargo, ninguno de los restos encontrados allí al comienzo de las obras realizadas entre 2008 y 2009 permitía suponer que ese muro y esas arcadas centrales hubieran existido. El arranque del pilar central, sobre el que se asentaba el forjado construido en los años 80, era de fábrica moderna, tomado con mortero de cemento, y nada en su basa o arranque daba idea de que allí hubiera habido un pilar de piedra, o uno construido con la fábrica de los gruesos

muros de borde, de ladrillo de 30 × 15 × 5 tomado con mortero de cal. Tampoco en el muro perimetral original había, en zona alguna, restos de que ese teórico muro central hubiera entestado contra él; ningún resto de enjarje, ninguna modificación en el aparejo permitían suponer tal cosa. Ni siquiera los restos de los arranques originales de la bóveda —que se conservaban, en muy mal estado, en algunas zonas— apuntaban a una sucesión de bóvedas de medio punto, sino a una única esquifada con un rebaje considerable.

Dadas las dudas sobre la geometría original y el tamaño moderado de la planta del aljibe se decidió construir la bóveda única, esquifada, de 11,35 m por 8,10 m de planta, 2,60 m de altura en el arranque y 6,20 de altura en la clave, que es la que aparece reflejada en las imágenes de la presente comunicación. En esta decisión fue crucial el hecho de que el proyecto de rehabilitación preveía que sobre la bóveda no iba a construirse ningún otro elemento; así, la bóveda, que constituía tan sólo la cobertura del fondo de un pequeño patio, debía soportar únicamente las cargas de su propio peso, las del peso de los rellenos y solados con los que se enrasaría y las previstas de uso. Cargas y empujes a asumir por parte del terreno eran, por tanto, muy moderados; considerando, además, el edificio en su conjunto, los empujes de la bóveda (mayores en una rebajada que en una sucesión de bóvedas de cañón) se verían compensados, parcialmente, por el hecho de que se había previsto reconstruir el patio central original, cuyos pilares rodearían el perímetro de la bóveda. Además, un esquema de dos naves de cañón paralelas hubiera dificultado, como es lógico, el construir la gran abertura del aljibe, que estaba prevista en el centro de dicho patio.

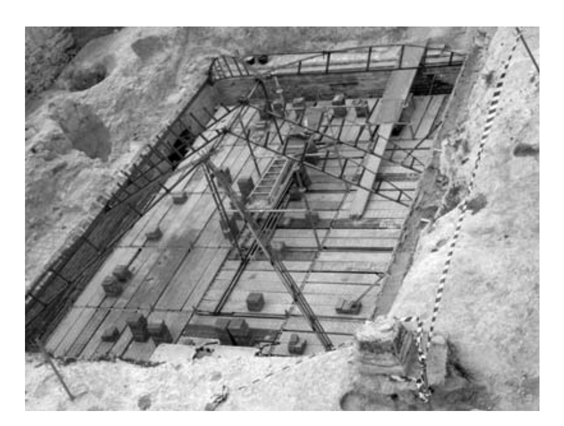


Figura 2
Cimbras y primeras hiladas de la construcción



Figura 3
Detalle de los frenos en la trasera del arranque de la bóveda



Figura 1
Arranque de la bóveda y restos de las trazas de la original

Para dar acceso al aljibe se añadió la galería que aparece en las figuras 8 y 9, construida con una fábrica semejante a la del resto del aljibe y cubierta con una pequeña bóveda de cañón de medio pie reforzada con arcos de a pie cada 1,20 m.

Los materiales

Para construir la bóveda del aljibe se emplearon materiales, en lo posible, similares a los que formaban

los muros preexistentes. Por lo que se refiere al ladrillo, se emplearon diferentes tipos: para la bóveda, principalmente ladrillo de tejar de 12 × 24 × 4 cm, colocado a medio pie en la mayor parte de las zonas; para los arranques y la nivelación, ladrillo de tejar 14 × 28 × 4,5 cm. En total se utilizaron unas 16.000 piezas. El mortero de cal empleado fue el mismo en toda la construcción; se dosificó con tres medidas de árido de mina, dos medidas de hidróxido cálcico y un cuarto de cemento blanco de 450, y se empleó tanto en llagas y tendeles (de 2,5 centímetros) como en algunos rellenos. Como material de relleno se emplearon zahorra de machaqueo y cal hidráulica, en tongadas de 20 cm, compactada con regado y rulo vibratorio de 1.000 kg.



Figura 4
Detalle del apoyo de las cimbras y de las costillas en el arranque de la bóveda



Figura 5
Construcción de la arista



Figura 6
Trasera de la bóveda en la zona de medio pie

El proceso de construcción

Dada la aparente complejidad formal de la bóveda a construir y el peso de los plementos previstos, pare-

cía que la solución más fácil para garantizar una construcción segura y formalmente correcta hubiera sido la de construir un molde, un encofrado completo, sobre el que colocar el ladrillo. Sin embargo, este sistema dificultaba el trabajo en el intradós de la fábrica, que estaba previsto dejar vista, y forzaba a trabajar desde fuera, lo cual es sumamente incómodo en este tipo de superficies. Parecía más interesante trabajar desde dentro, aunque desde el principio fue evidente que resultaría imposible construir una bóveda de este tipo al aire, sin encofrado alguno; no tanto por el hecho de que se tratara de una bóveda de rosca (mucho más pesada que, por ejemplo, una bóveda tabicada convencional, que en este caso no se ajustaba a las necesidades del edificio), como porque las longitudes de los paños rectos a cubrir, de unos 11,35 m. en el caso del mayor, eran enormes; difícilmente, con estas dimensiones, podrían sostenerse unos plementos —rectos— a otros, siquiera provisionalmente, durante el proceso de construcción.

Se decidió, a la vista de estos problemas, emplear una solución consistente en unas cimbras metálicas fijas, situadas bajo las aristas y en determinadas líneas estratégicas, generando la forma principal de la bóveda, sobre las cuales se deslizarían una serie de miras metálicas extensibles. Estas miras extensibles servirían de base a la construcción de los diferentes plementos, hilada por hilada. La dimensión de las miras debía ser tal que permitiera construir sobre ellas y recoger, a la vez, el paño inmediatamente inferior; una vez terminado éste, se procedería a deslizar la mira hasta la posición de montaje siguiente, siempre sirviendo de apoyo a menos a la última hilada del paño en construcción.

Cada nueva hilada se colocó, en realidad, al aire, simplemente descansando sobre el mortero del tendel de su relación con la hilada anterior, de modo era posible trabajar el aparejo, llaguear la junta, asentar correctamente el ladrillo como en una fábrica de un muro cualquiera. Sin embargo, las hiladas inferiores no descansaban sólo sobre su arranque, sino, también, como se ha dicho, sobre las cimbras provisionales de replanteo y sobre las sucesivas miras extensibles y deslizables; un sistema de barras de apoyo que garantizaba correctamente el equilibrio provisional de cada plemento. Para que el equilibrio del conjunto de la bóveda (y no ya de cada plemento), du-



Figura 8
Bóveda de cañón de acceso al aljibe



Figura 9
Pequeña bóveda de arista en el acceso al aljibe

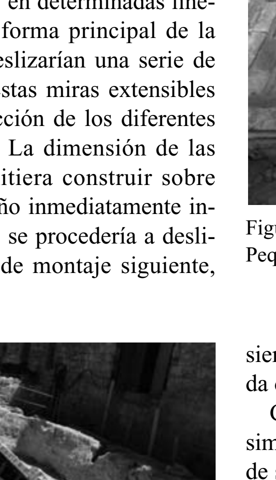
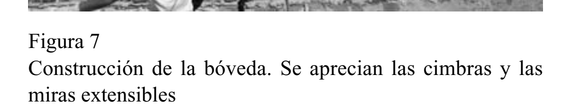



Figura 7
Construcción de la bóveda. Se aprecian las cimbras y las miras extensibles

rante el proceso de construcción, pudiera mantenerse, y para evitar posibles problemas en las relaciones entre plementos, se optó por levantarlos todos al tiempo, avanzando unas pocas hiladas unos con respecto de otros; de esta forma, la bóveda se construyó, en cierta medida, girando en la posición de construcción, como se haría en el caso de una cúpula al aire.

Este procedimiento permitió construir toda la bóveda desde el interior, y evitó emplear grandes encofrados. No obstante, el hecho de que las guías principales fueran construidas con materiales metálicos planteó algún pequeño problema, ya que sufrieron diversas dilataciones, no previstas inicialmente, debido a los cambios de temperatura. Estos problemas se resolvieron, sin mayores consecuencias, con pequeños suplementos de madera en aquellos puntos en los que fue necesario ajustarse a la forma originalmente prevista.

Los rellenos se realizaron de forma convencional, pero es necesario resaltar que se empezó a rellenar el



Figura 10
Vista general de la fábrica terminada

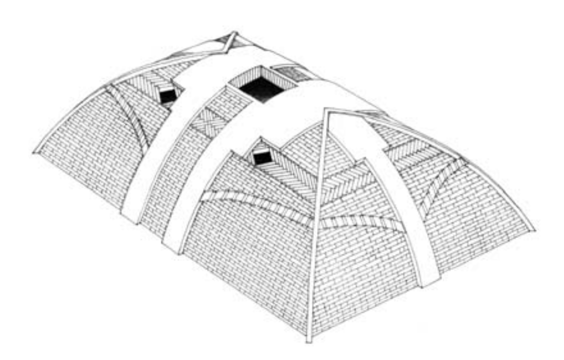


Figura 11
Vista general de la fábrica terminada



Figura 12
Vista de la fase de relleno



Figura 13
Interior de la bóveda terminada

volumen sobre la bóveda por las zonas acostilladas, reforzándose con bloques mayores para intentar conseguir, en lo posible, que fueran estas zonas las que asumieran la mayor parte del peso del relleno durante la fase de compactado.

Aparejo y geometría

Hay que tener en cuenta, para entender la geometría de esta estructura, que se trata de una bóveda de rincón de claustro de planta rectangular, ligeramente descuadrada, en solución esquifada o de artesa, pero sin superficie plana alguna en la parte superior, como en ocasiones sucede con estas últimas. Cuenta con cinco aberturas, para iluminación natural, en su lámina longitudinal (una bóveda de cañón rebajado central): la mayor, de forma cuadrada, ocupa el centro de la cumbrera y equivaldría a la boca de un pozo; las otras cuatro, más pequeñas, se disponen en los vértices de un rectángulo alrededor del hueco mayor, tal como se aprecia en el esquema.

Por lo que se refiere al aparejo, la bóveda se ha construido con una única rosca de medio pie en mucha de su superficie, y, en zonas de refuerzo, con aparejo de a pie. El hecho de emplear un aparejo inglés al intradós (en el que, para mantener la rosca de medio pie, se han mediado los tizones del aparejo) facilitaba que las zonas de un pie estuvieran perfectamente trabadas. Los refuerzos, en su mayoría motivados por las distorsiones que pudieran producir tanto los encuentros entre paños de la bóveda cómo las aberturas, consisten en sardineles en las aristas y en aumentos en el espesor de la lámina, hasta de un pie, a ambos lados de la abertura central y hasta las claves. Las cuatro aberturas pequeñas han obligado a adaptar la forma de las franjas de un pie para sortearlas, y también a modificar el aparejo en esa zona, que se ha realizado a espiga. En el sentido longitudinal, otra banda de un pie de espesor une las claves con el lado de la base, en los dos plementos laterales.

Algunos problemas relacionados con el aparejo de la bóveda ayudan a entender su naturaleza estructural. Hay que empezar por entender que no es posible, por motivos de geometría elemental, trabar en las aristas los dos elementos de ladrillo como haríamos con dos muros perfectamente verticales. En la arista, por ello, se inserta una línea de ladrillos a sardinel, que de algún modo sustituye a la traba, aunque no recoge los plementos; este sardinel de la arista está más cerca de ser considerado un arco por sí mismo que un simple encuentro entre superficies, y más si tenemos en cuenta que se ubica en un cambio de curvatura de las láminas. Su función, en cualquier caso, es la de un refuerzo.

Los refuerzos de un pie situados a ambos lados del hueco central (bóvedas reforzadas en una zona en la que no hay un cambio de curvatura de las láminas) también merecen, por su organización, una serie de observaciones. En la práctica es como si se hubiera considerado la franja transversal que contiene el hueco central como una división de la bóveda en dos bóvedas incompletas, situadas a ambos lados de la principal, de modo que las franjas de un pie de espesor sirven de refuerzo de borde de estas incompletas, que a su vez se acodalan con las partes de plementos entre los refuerzos que van de la abertura a la base de la bóveda.

Insistiendo en la misma idea, las bandas de un pie en los plementos laterales no sobrepasan estos, muriendo en los sardineles de las aristas. Esto contribuye también a reforzar la idea de bóvedas incompletas; como si, de algún modo, se hubiese partido del rincón de claustro de planta cuadrada.

Desde un punto de vista más general, la sección de la bóveda tiene un perfil circular que se aproxima al medio círculo. En el esquema adjunto (figura 10) se ha incluido un pentágono regular inscrito para identificar las zonas de compresiones y de tracciones. Hay que tener en cuenta que, una vez terminada la bóveda, al estar cubierta por rellenos en toda su altura, los

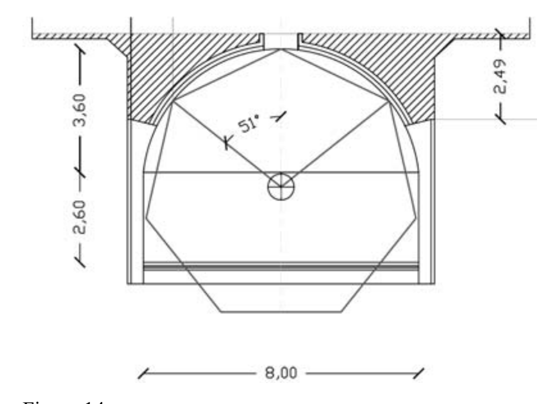


Figura 14
Sección de la bóveda

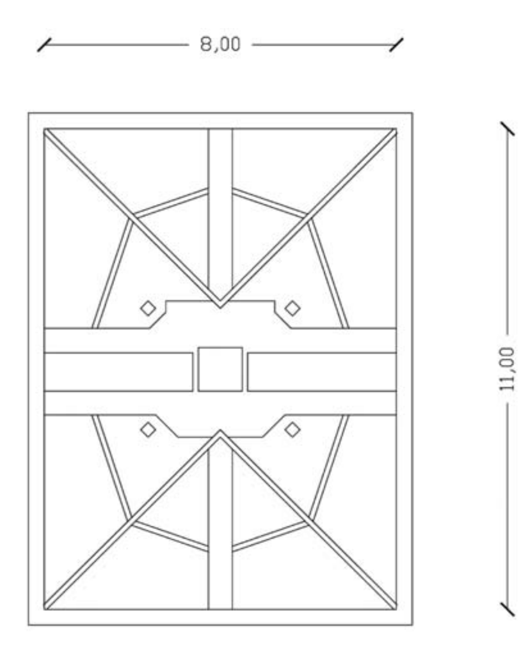


Figura 15
Planta de la bóveda y distribución de refuerzos

empujes serán asumidos por el terreno. Tampoco durante el proceso de construcción parece que puedan darse problemas de equilibrio, dado que la relación del espesor con la luz es de 1/33, aproximadamente. En este sentido, el problema que podrían plantear las distorsiones que pudiera crear la abertura principal superior queda resuelto con el planteamiento de la mencionada distinción del conjunto en partes estructuralmente identificadas, desarrollado en los párrafos anteriores. Las tensiones en el material de la bóveda, garantizado el equilibrio, serán de menor importancia.

Conclusiones

Todavía hoy es posible construir una bóveda de este tipo. Una bóveda de fábrica, en la que se han empleado exclusivamente materiales tradicionales. Una bóveda por completo levantada a mano, con técnicas ancestrales. Una bóveda estructural, diseñada para resistir tanto las cargas de uso como el paso del tiempo.

Pero no solamente es posible: además, es lógico. Es lógico, desde un punto de vista estructural, emplear una solución constructiva abovedada para cubrir un aljibe de estas características, habida cuenta de la situación del mismo; habida cuenta que el problema de los empujes de la bóveda —tal vez el que más pueda hacer desconfiar a los escépticos— está resuelto por el hecho de encontrarse la bóveda enterada en un terreno con capacidad suficiente para resistirlos.

Es lógico desde el punto de vista del respeto a la construcción original. Es lógico desde el punto de vista de los costes de producción, que son siempre equivalentes a los de otros sistemas contemporáneos (y, por lo tanto, menos respetuosos) tenidos por más seguros sin serlo. Y es lógico, también, desde un punto de vista patrimonial, porque es un sistema de construcción que permite trabajar casi al cien por cien de forma manual; algo que, en un entorno de la importancia histórica de éste, que requiere de actuaciones muy medidas, es garantía de éxito.

La bóveda es una solución útil y válida, una más en la paleta de colores de la construcción. No dejemos de usarla allí donde sea lógica.

Lista de referencias

García Muñoz, J. 2005. «Visto o revocado. Consideraciones sobre la ejecución de fábricas de ladrillo». En *Actas del IV Congreso de Historia de la Construcción* 463-469. Instituto Juan de Herrera. Madrid.

Grau Engüix, J. 2008. *El muro.* SM Witan. Segovia.

Layna Serrano, F. 1994. *Castillos de Guadalajara.* Aache Ediciones. Guadalajara.

López-Muñíz Moragas, G. 2003. *El Castillo de Jadraque*. Aache Ediciones. Guadalajara.

Martín Jiménez, C. 2009. «La cúpula tabicada de San Juan de la Penitencia». En *Actas del VI Congreso de Historia de la Construcción* 825-831. Instituto Juan de Herrera. Madrid.

Pavón Maldonado, B. 1984. *Guadalajara medieval. Arte y arqueología árabe y mudéjar.* C.S.I.C. Madrid.

Pavón Maldonado, B. 1990. *Tratado de arquitectura hispanomusulmana. Tomo I. Agua.* C.S.I.C. Madrid.

La construccion de un castillo

Joaquín Francisco García Sáez

El protagonista del presente trabajo es la construcción de lo que hoy conocemos como el Castillo de Almansa, ubicado en lo alto del Cerro del Águila, un cerro abrupto situado en medio de la población de Almansa que nos cuenta muchas cosas de él mismo si lo observamos detenidamente.

La construcción del Castillo no es una intervención unitaria, sino que es la suma de muchas intervenciones a lo largo del tiempo, cada una, respuesta a las necesidades en el momento de su ejecución, pero siempre utilizando al propio Cerro como parte del edificio: existe un proceso iterativo por el que el Cerro se va modelando a la vez que el Castillo se va materializando, de ahí que el Castillo aparezca como una prolongación natural del mismo Cerro. Una prolongación antrópica, pero que no plantea una ruptura sino una integración en el paisaje.

El Castillo es un edificio y como tal, para su conocimiento, nos vamos a apoyar en los parámetros que se siguen para el obtener el conocimiento de cualquier edificio, que son: el medio, la función, la construcción, la sociedad y la composición. Parámetros que a su vez también son iterativos y que según su combinación originarán unas formas u otras y unas secuencias determinadas de las mismas.

En esta comunicación se va a incidir fundamentalmente en el medio y en la construcción como factores fundamentales en la materialización del Castillo que hoy podemos contemplar.

El Castillo y el medio

En arquitectura la relación de un edificio con el medio es uno de los aspectos fundamentales que lo van a caracterizar. En particular, en el caso de los castillos, si no es el aspecto más importante, lo que siempre va a ser es el origen del mismo.

Se construyen en un punto concreto debido a una determinada característica del emplazamiento que los hace únicos. No vale cualquier lugar para la construcción de un castillo, y ese lugar será el primer condicionante de la forma, y por tanto de la imagen del castillo.

Descripción del territorio (Enfoque geográfico)

El castillo que se va a analizar en el presente trabajo es el conocido como Castillo de Almansa. Como su nombre indica está situado en la ciudad del mismo nombre ubicada aproximadamente en el centro del término municipal.

El término municipal de Almansa, con la mayor parte de sus 531 Km^2 de superficie por encima de los 800 m. sobre el nivel del mar, es un altiplano rodeado de montañas que constituye el último eslabón de la meseta hacia el litoral levantino.

Este altiplano es parte de lo que se conoce como «Corredor de Almansa» a su paso por el término municipal de la población del mismo nombre, cuenca endorréica situada a 700 m. de altitud sobre el nivel

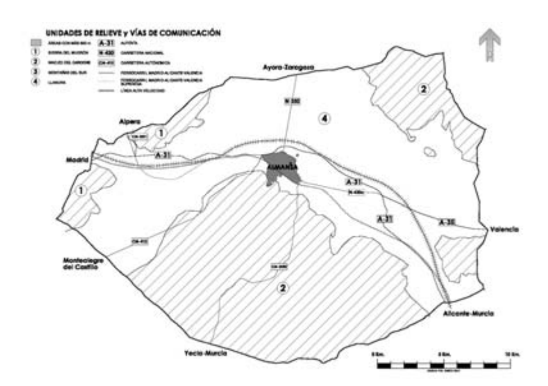


Figura 1
Termino municipal de Almansa

del mar. Poco accidentado, con aspecto de llanura se prolonga por los pasillos a lo largo de los que se encuentran las importantes vías de comunicación a nivel nacional que atraviesan esta zona.

La génesis de esta llanura supuso el afloramiento hacia la superficie de materiales litológicos de naturaleza plástica (yesos y arcillas fundamentalmente) que han sido los causantes, junto con el factor desencadenante que es el clima, de los fenómenos de enlagunamiento que padecieron y padecen estas tierras.

En el centro de esta llanura emerge un resalte orográfico cuyas dimensiones en planta no son superiores a 280 m en la dirección norte-sur ni a los 230 m en la dirección este-oeste pero que se eleva 60 metros en su punto más alto desde esta llanura, lo que le confiere a este punto todas las ventajas para constituir en él, de forma natural, un puesto de observación y defensivo de gran importancia por el control que ejerce sobre una de las vías de comunicación más importantes de la península ibérica que discurre por el Corredor. Este resalte orográfico es el Cerro del Águila.



Figura 2
Modelización de la posible volumetría natural del Cerro del Águila antes de su alteración antrópica

Descripción geomorfológica del Cerro del Águila

Está constituido por rocas calcáreas y yesíferas estratificadas, dispuestas en paquetes alternantes de estratos orientados de forma paralela a la dirección mayor del cerro y sensiblemente verticales. Según un corte imaginario por un plano vertical perpendicular a la orientación de los estratos o a la máxima dimensión del cerro (es decir, dado en la dirección E-O, aproximadamente).

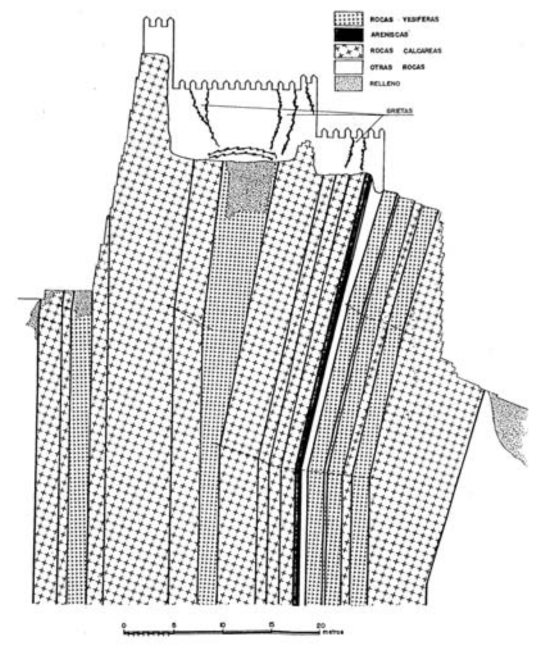


Figura 3
Estratos verticales del cerro del Águila que fundamentan el Castillo y entre los cuales se asientan las primeras actividades humanas

Esta disposición se debe a que tras el último movimiento tectónico que afectó a esta parte de la corteza terrestre, todos los estratos quedaron verticales (o ligeramente inclinados hacia el Este) y paralelos entre sí. Posteriormente, la erosión física, química y sobre todo antrópica se han ido encargando de desgastar las rocas y modelar el relieve actual del Cerro del Águila.

El estrato yesífero central, aunque no aflora, marca la separación entre los estratos verticales de un lado y los inclinados del otro.

En la parte oriental del cerro hay un cierto predominio de las rocas yesíferas sobre las calcáreas, al contrario de lo que sucede en la parte occidental. Las rocas yesíferas son más fácilmente erosionables, lo que ha determinado la diferencia de relieve entre una y otra parte del cerro (pendiente muy fuerte en el lado occidental y más suave en el oriental).

La naturaleza geológica y morfológica del Cerro hace que el mismo pudiera ser, con poco más, la primera fortaleza. La disposición vertical de los estratos, alternando los duros con los blandos, harán que los blandos, sean los espacios interiores y los duros, que resaltan, constituyan los muros del «edificio», organización que posteriormente será la base de la de la fortaleza: los estratos duros serán parte de los muros defensivos y los estratos blandos serán ocupados por las distintas actividades humanas.

Mecanismos de adaptación al terreno

Llamaremos mecanismos de adaptación al terreno a aquellos elementos o hechos que condicionan y/o forman parte del edificio y que tienen su razón de ser por el hecho de estar situado en ese lugar y no en otro, aprovechando las características favorables que éste le ofrece.

El mecanismo de adaptación al terreno más claro es la utilización de los materiales del entorno inmediato para la construcción del edificio, punto que, por su importancia, se desarrollará en el siguiente apartado. Pero en el Castillo el primer mecanismo de adaptación al terreno es la elección del punto exacto donde se va a situar la construcción.

No se sitúa en cualquier punto de forma aleatoria, sino que se sitúa de manera que pueda sacar el máximo rendimiento del entorno para la ubicación del Castillo, por lo que éste se situará en el punto más elevado de la zona de manera que permita el control de cualquier movimiento que se produzca en los alrededores, refugio ante cualquier «visita» hostil y, por supuesto, la fácil defensa gracias a su posición dominante, y siendo este punto en esta zona el Cerro de «el Águila» es aquí donde se emplazará.

Situado en el alto del cerro, además de aprovechar el desnivel para potenciar el aspecto defensivo, estará utilizando los mismos mecanismos de adaptación al terreno que cualquier otro edificio de la arquitectura popular de la zona evitando posibles inundaciones locales, ya que, por su altura está alejado de zonas inundables, y a la vez las tierras del cerro son, por un lado las menos productivas del entorno debido a su naturaleza geológica (rocas calizas y yesos) y su disposición (fuertes pendientes) y por otro son las más aptas para cimentar cualquier tipo de construcciones por su elevada resistencia (rocas frente a las arcillas del entorno).

Se puede decir que el Castillo se sitúa sobre el cerro de «el Águila» principalmente por su posición preeminente y dominante respecto a las tierras que lo rodean, con las ventajas que ello conlleva desde el punto de vista de la defensa y control del territorio, características fundamentales que condicionarían la ubicación de cualquier castillo, pero también porque son malas tierras para el cultivo y porque tienen una buena base geológica para su cimentación.

Otro mecanismo de adaptación al terreno en el Castillo es el aprovechamiento de las características geomorfológicas del mismo (estratos de roca verticales) como elementos estructurales y de cerramiento, ahorrándose muros por un lado, y por otro uniéndose íntimamente al terreno de tal forma que se produce la sensación de que esta construcción es una prolongación del mismo, o más bien, parte de él.

Así pues en el Castillo no solo se construyen dependencias, sino que probablemente parte de ellas también se generan excavando los estratos más blandos situados entre los duros y dispuestos verticalmente. A la vez que se excavan las zonas blandas aumenta la altura de los «muros» de piedra natural sin necesidad de construirlos, con lo que se aprovechan éstos últimos como muros donde apoyan los forjados y/o bóvedas para cubrir los espacios.

Es el ejemplo más claro de esta adaptación al terreno porque si no se tuviera esta disposición alternada de estratos verticales duros y blandos nunca se habría generado el Castillo de Almansa con la forma que hoy conocemos, o más bien intuimos.

Materiales del entorno inmediato

Como se ha reseñado en el apartado anterior, éste es el mecanismo de adaptación al terreno más importante, por común, y caracterizador, sobre todo de la arquitectura popular, y vamos a ver que también lo es en el Castillo de Almansa.

En los textos referidos a la arquitectura popular, el material constructivo y sus técnicas asociadas aparecen como uno de los factores que distinguen los distintos tipos existentes.

La arquitectura popular ha sido la que se ha venido construyendo por las clases humildes. Recordemos su carácter de utilidad, de herramienta. En relación con ésto está la economía de medios que la caracteriza; cuanto más cercano sea el material de construcción a emplear más económica resultarán las mismas.

Así pues, se podría entender, en una primera vista superficial, como una limitación de estas arquitecturas el hecho de tener que utilizar los materiales del entorno inmediato, por asequibles y fácilmente accesibles, pero es precisamente el efecto contrario el que se produce: «Las limitaciones que presenta el medio, más que obstáculos o impedimentos en su que hacer transformador del medio, se integran como procesos que determinan su ser y su consciencia». (Fernández Alba 1990, 22).

Como en la arquitectura popular, la utilización de los materiales del entorno, lejos de ser considerado como una limitación, se va a convertir en el Castillo de Almansa en una de las características distintivas principales, que junto al emplazamiento lo van a caracterizar y singularizar respecto a cualquier castillo.

Así pues, la utilización de los materiales del entorno inmediato y sus técnicas constructivas asociadas son útiles, económicas y caracterizadoras del edificio. Por una parte hace que el Castillo esté integrado en el paisaje, como ya hemos dicho en puntos interiores, puesto que parece una prolongación de la peña, en gran parte por el mimetismo con el fondo, producto de la utilización de las mismas piedras o tierras del entorno, y por otro lo caracterizan y cualifican haciéndolo único.

Los materiales constructivos empleados en los elementos estructurales verticales del Castillo de Almansa que han llegado hasta nuestros días son la tierra apisonada, que mezclada con la cal o no, sirve para dar masa a los muros de tapial que todavía quedan, y las piedras, principalmente en forma de mampuestos, aunque también se encuentran sillares, que se utilizan para reforzar los muros de mampostería.

Como, cuando y donde se utilizan estos materiales no es una manera caprichosa y tiene que ver mucho con la economía de medios y sacar el máximo rendimiento a los materiales y al mismo entorno. Esta forma de utilización de los materiales nos liga al Castillo con la arquitectura popular, frente a lo que en principio pudiera parecer, ya que los castillos se suelen vincular a las clases altas de la sociedad, a los poderosos.

Parte de las construcciones de tapial del tipo en que nos encontramos en el Castillo de Almansa, tradicionalmente están ligadas a las técnicas constructivas almohades con las que realizaron sus obras y que transmitieron por todo el sur de España. Sin querer restar importancia a esta afirmación, ya que parte de las obras de tapial del Castillo probablemente se realizaron bajo dominación almohade, el hecho de utilizar la técnica constructiva del tapial se debe a la abundancia de tierra producida por la propia génesis del Castillo.

Ya se ha comentado que parte de las estancias del Castillo se generan excavando los estratos más débiles, quedando las rocas dispuestas en estratos verticales que aparecen al excavar como muros de cerramiento de las futuras estancias. Estas tierras si se echan ladera abajo contribuirían a nivelar los desniveles del cerro y por tanto a hacerlo más accesible, cosa que no es compatible con la construcción de un edificio defensivo. Para que no afectaran a la funcionalidad del futuro edificio, habría que cargarlas y acarrearlas para llevarlas relativamente lejos con el fin de que no interfirieran en la funcionalidad del Castillo como edificio defensivo.

Estas acciones son caras de medios materiales y humanos. Así pues «lo lógico» es hacer lo que realizaron los constructores de estas obras en lo alto del cerro: utilizar las tierras procedentes de la excavación para, mezclándolas con cal o no, realizar construcciones de tapial. Con un material de desecho se está generando el material constructivo que se va a utilizar para materializar la parte superior de la fortaleza. Creo que no puede existir mayor racionalidad y economía en esta manera de construir. Se utiliza lo que se tiene y se aprovecha todo. En las viviendas populares construidas con tapial de Almansa, las tierras para los muros de tapial se sacaban del mismo solar, y esa excavación constituía la futura bodega de la casa.

Referente a las construcciones de piedra se puede decir que son posteriores a las de tapial, porque muchas de estas fábricas aparecen sobre otras de tapial o en ocasiones «forrándolas» y/u ocultándolas.

Hay que desmentir las «leyendas urbanas» de poblaciones vecinas como Ayora y Montealegre del Castillo de que el Castillo de Almansa se ha construído con las piedras de sus respectivos castillos. Teniendo en cuenta que las fábricas de piedra predominantes del Castillo de Almansa son las de mampostería, los costes de acarrear los mampuestos desde estas poblaciones vecinas hasta Almansa (más de 20 km) harían inviable económicamente la construcción, además hay canteras de piedra mucho más cercanas como la de Valparaiso, a no más de 10 Km., pero tampoco se trajeron de allí. Los mampuestos se extraen de la misma peña del cerro, no es necesario buscar otra cantera. Los tenemos en mismo emplazamiento, no hay que traerlos de ningún otro lugar.

Las obras de mampostería se realizan en dos momentos y con distintos criterios de selección para la extracción:

- La primera a finales del siglo XV en tiempos de los últimos marqueses de Villena que fueron propietarios del Castillo antes de pasar a la Corona, siguiendo el criterio de construir una fortaleza defensiva, previamente diseñada, aprovechando la orografía del terreno y parte de las construcciones preexistentes.
- La segunda en las restauraciones del siglo XX con el único criterio de conseguir la piedra lo más cercana posible para abaratar costes y tiempo de restauración, aunque para ello destrozaran la estructura funcional original de un castillo cuyo modelo, forma y funcionamiento se desconocía.

El Castillo y la construcción

La construcción es el proceso que nos permite la materialización de unas herramientas utilizadas por la sociedad para realizar distintas actividades humanas con ellas y/o en ellas, ya sean residenciales, religiosas, educativas, culturales, deportivas o militares. El Castillo surge ante la necesidad de satisfacer esta última: la militar, entendiéndola ya sea como de defensa o simplemente de control del territorio.

Las características constructivas del Castillo de Almansa, estarán condicionadas en principio más por el entorno inmediato que por su función como castillo, aunque ésta, evidentemente, también se reflejará en la construcción. Se trata de un castillo condicionado totalmente por su ubicación y construído con los materiales del entorno inmediato y con las técnicas con ellos asociadas.

Los materiales

Ya se ha comentado que los materiales empleados, en principio, y coincidiendo con cualquier construcción popular de la zona, son los del entorno inmediato.

Los muros y machones se construyen con tapial o en mampostería con mortero como aglomerante, de cal en las fábricas originales del siglo XV y con mortero de cemento en las realizadas en las restauraciones del pasado siglo XX.

La utilización de la fábrica de tapial o de mampostería se podría pensar que pudiera depender del dominio de las técnicas constructivas vinculadas con cada uno, que en determinados momentos los constructores del Castillo tuvieran (por ejemplo a los almohades se les supone dominadores de la técnica del tapial, por lo que realizarán los muros de tapial, y los cristianos preferirían la mampostería porque no dominarían la técnica del tapial). Pero atendiendo a la racionalidad y/o economía de la construcción, la utilización de uno u otro estará en función, como ya se ha comentado, de la disponibilidad del material: tierra cuando generamos espacios excavados en los estratos débiles del cerro del Águila y mampuestos cuando se recortan los estratos duros de roca del pié del Cerro con el fin de hacer más recortado e inaccesible las peñas donde se apoya el Castillo.

La piedra en forma de sillar es menos abundante y se utiliza de forma puntual a modo de refuerzo en las esquinas de determinados elementos constructivos como los dispuestos en las cuatro de la torre del homenaje o en las jambas y dinteles de las puertas principales. Se utilizan en los vuelos de los matacanes, en las dovelas de distintos arcos y, aplantillados, en elementos singulares como los arcos de crucería de la torre del homenaje o la escalera de caracol embebida en la masa del muro de la torre del homenaje cuya calidad técnica raya la perfección. También los escudos están esculpidos en sillares.

La naturaleza de la piedra de los sillares es distinta a la de los mampuestos encontrados en el Castillo. Frente a la naturaleza yesífera y caliza de estos últimos (la del cerro del Águila), la de los sillares es arenisca, por lo que se trata de materiales traídos de otros lugares para ser trabajados por especialistas contratados a tal fin.

Este trabajo de sillería es lo que nos podría introducir al Castillo dentro de la arquitectura culta, entendida ésta como la realizada por agentes especializados de la construcción, porque lo hasta ahora visto pertenece al campo de la arquitectura popular de la zona pudiendo haber sido realizado por los mismos lugareños sin ningún tipo de especialización.

El material cerámico aparece en forma de ladrillo, evidentemente macizo «de tejar». Se ve en fábricas originales en la base de los muros de tapial con el fin de regularizar las superficies de las rocas del cerro que sirven para el arranque de las cajas de tapial o en intervenciones posteriores donde al abrir nuevos huecos en muros macizos se utilizan para realizar las jambas y dinteles que refuercen el muro roto al abrir el hueco.

No aparecen paños de teja (curva o no) en pie.

La madera en el Castillo ha llegado a nuestros días en forma rollizos a modo de trabas de distintas cajas de tapial y en forma de tablas como resto de un pavimento en el interior del ala sur, aunque es de suponer que fuera empleada en la construcción de la estructura de algunos forjados y/o de cubiertas que no hemos llegado a ver.

Cimientos

A falta de excavaciones en zonas de relleno, los muros no disponen de elementos específicos de cimentaciones ya que se apoyan directamente sobre las rocas del cerro. Todo lo más se disponen ciertas fábricas de mampostería o de ladrillo macizo sobre la peña del cerro con el fin de regularizar la superficie de arranque de los muros de tapial para que el apoyo de éstos sea totalmente horizontal y así poder sujetar bien la caja del encofrado.

Hay que tener en cuenta que los muros que llegaron en pie hasta mediados del siglo XX, antes del inicio de las restauraciones, son los que están apoyados en la roca, dispuestos paralelamente entre ellos. Los perpendiculares a estos, en teoría apoyados en terrenos flojos, y que cerraban los espacios del Castillo, no llegaron en condiciones, probablemente por fallos en la cimentación, si la hubiera habido. Lo que quedaría claro es que caso de que existieran se habrían manifestado insuficientes dado el grado de deterioro con el que llegaron precisamente los muros transversales a la disposición de las rocas del Cerro.

Muros

Como ya se ha comentado, los muros que conforman el Castillo de Almansa son únicamente de dos materiales diferentes: de piedra o de tierra apisonada.

El uso de un material u otro es una respuesta de la sociedad del momento, en función de la disponibilidad de los mismos, a las necesidades que se le exigía al edificio teniendo en cuenta los medios de que se disponían. Cada material llevan asociadas sus técnicas constructivas, que no son las mismas en todos los paños aunque sean del mismo tipo de material, lo que servirá a los arqueólogos e historiadores, para, que junto con otros datos, establecer determinadas adscripciones históricas en las que aquí no se pretende entrar. Aquí solo se describirán secuencias constructivas sin identificarlas con una etapa u otra a no ser que se tenga constancia documental de la misma.

Así pues se encuentran dos tipos de muro de tapial que se diferencian tanto en la composición de su masa como en la forma de realización del encofrado que permite su materialización.

Sin entrar a describir de forma taxativa de que época es el primero (probablemente de época almohade), sí se puede establecer de forma clara el orden en que se ejecutaron puesto que un paño de unas características determinadas, diferente del otro, se apoya sobre el anterior, lo que nos indica que el que se apoya, por fuerza, habrá de ser posterior, estableciendo así la secuencia constructiva de la que anteriormente se hablaba.

El primero que se va a describir es el que se entiende también como primero en el tiempo. Se trata de de un muro de tapial con una mezcla de árido y cal en toda su masa, aunque más rica de cal en el perímetro para formar la calicostra de forma que se consiga una mayor resistencia del muro a los agentes agresivos exteriores, principalmente los atmosféricos.

Se puede decir que la masa de estos paños es de gran calidad y que a pesar de que tiene algunas pérdidas de material en puntos determinados, producto del abandono de muchos siglos, en conjunto presenta un buen estado porque la mezcla del árido con la cal hace que la mezcla resultante sea compacta y no se desmenuce con facilidad. Su aspecto y propiedades son como si fuera lo que hoy conocemos como un hormigón en masa, o ciclópeo cuando en su interior contiene piedras de gran tamaño, pero con cal en lugar de cemento como aglomerante, de ahí que la masa interior tome el color del árido y la de los paramentos tome un color más blanquecino debido a presentar una mayor proporción de cal en la superficie.

La forma de encofrar estos muros es la tradicional que ha llegado hasta nuestros días para la realización de muros de tapial, una especie de lo que hoy llamaríamos encofrado trepador sujetado desde el propio muro y que se rellena desde él. No se necesitan andamios, colgados o no, para su ejecución, ni para el apoyo de los encofrados de la tapia. Esto implica que los muros han de ser lo suficientemente gruesos para que los operarios puedan transitar por ellos, como es el caso de los muros de este modelo que aparecen en el Castillo de Almansa.



Figura 5
Resto de clavo de madera y media aguja

El segundo tipo de tapial que se va a describir se diferencia del primero, en que siendo la misma técnica de la tierra apisonada entre dos encofrados de madera, tanto el material empleado como las formas de acometer los trabajos de construcción de los muros serían diferentes.

El material que se encuentra en lo que era la parte central de estos paños está completamente suelto, mal compactado y sin aglomerante. La cal sólo la encontramos en los paramentos interiores del muro a modo de calicostra que no trababa todo su espesor. La calicostra del paramento exterior de estos paños y la masa central de árido no ha llegado hasta nuestros días, así pues la imagen que siempre han reflejado las fotografías de estos paños es la de un muro en ruinas, sin capacidad portante ni de cerramiento pues constantemente perdía masa y cuyo final, si no se detenía este proceso sería el de su desaparición. Por eso, dada la poca fiabilidad que transmitían estos muros y lo costosa que sería su reparación, en las restauraciones del siglo pasado, se optó por trasdosarlos con otros de mampostería que sí tuvieran capacidad portante para soportar las bóvedas que hoy podemos ver en el ala Sur.

Pero como se ha comentado no solo es diferente la calidad del material que constituye la tapia. También se aprecia que es diferente el modo de trabajar en este muro puesto que en estos paños se genera una estructura colgada del muro a base de empotrar rolli-

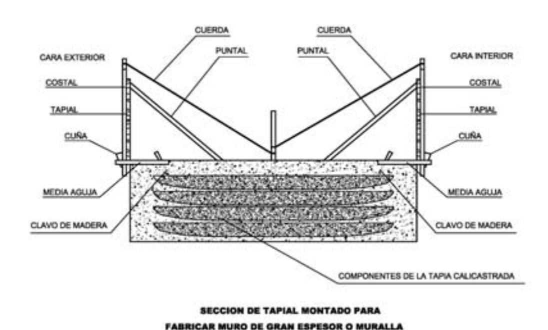


Figura 4
Esquemas de construcción de tapial con agujas

zos de madera en la masa del mismo, perpendiculares a los paramentos, conforme se va subiendo éste para apoyar entre ellos unos tablones que permitan trajinar desde éstos (andamiaje) y a la vez, posiblemente, acodalar el encofrado de la tapia tal y como se describe en el esquema adjunto.

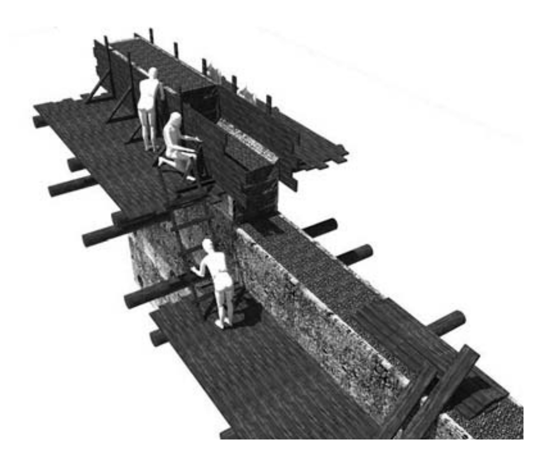


Figura 6
Esquema de construcción de tapial con andamiaje

De esta forma de materializar la tapia, únicamente se conservan los mechinales donde en su día estuvieron alojados los rollizos para sujetar el encofrado.



Figura 7
Mechinal para la construcción de tapial relleno parcialmente de guano de los pájaros que han venido anidando en estos huecos durante siglos

El motivo por el que se utilizan distintas técnicas constructivas para realizar el muro de tapial no se conoce. Entiendo que debe depender de la cultura constructiva de los que realizaron la obra y su disponibilidad económica ya que los materiales son los mismos pero más pobres en cal, que sería el material que no se encuentra en el entorno inmediato y que habría que comprar.

Lo que queda claro es que son dos actuaciones distintas y su secuencia en lo que, hasta hace muy poco, se consideraba el paño uniforme de un mismo material en el ala sur del Castillo, puesto que la que se ha descrito como segunda se dispone sobre paramentos terminados de la descrita como primera.

En la intervención en el paño de tapial realizada en el año 2008 se ha reparado el elemento estructural dotándolo de un paramento resistente a los agentes externos a la vez que se ha recuperado su masa original y se ha utilizado una técnica mixta de los dos tipos de encofrados comentados, pues, si bien el encofrado se sujetaba con elementos exteriores al muro como codales de madera, también se pusieron tirantes de alambre clavados en la masa del muro para la nivelación de los paramentos.

El uso de la piedra es posterior al de la tapia. Muchos de los paños en los que aparecen juntos los dos materiales, los de piedra están sobre los de tapial y los muros que se construyen solamente en piedra se emplazan en el perímetro del Castillo (excepto la torre del homenaje) adosándose a las fábricas de tapial preexistentes.

Se distinguen dos tipos de obra de mampostería que entre ellas se diferencian claramente por la naturaleza de los materiales utilizados, por el aglomerante empleado y por su terminación. A diferencia de los paños de tapial, de los paños de mampostería sí que se tiene constancia de cuando se realizaron. Fueron dos actuaciones separadas en el tiempo y con criterios totalmente diferentes en sus pretensiones.

La primera intervención con este material data de los tiempos de los marqueses de Villena, D. Juan Pacheco y su hijo D. Diego Pacheco. Se sabe que fueron construídos bajo su mandato por la documentación existente y porque en estas obras aparecen sus escudos, identificando así quienes son los dueños del castillo, por la forma de los revestimientos de sus paramentos, que se repiten en varios de los castillos de su propiedad en el siglo XV y, por último, porque las relaciones funcionales de los elementos

construídos de mampostería identificados como de esta época también se repiten en los distintos castillos de su propiedad, es decir el modelo de castillo que se quería crear cuando se hicieron estas construcciones de mampostería, era el adaptado para responder a las demandas que se le exigía a un castillo en el siglo XV.

Las demandas que se exigían en este siglo a cualquier castillo era que estuviera adaptado al uso de las armas de fuego (cañones y/o bombardas), tanto para usarlas desde el interior del castillo como para soportar sus impactos, ya que en el siglo XV se había generalizado su uso. Para usarlas solo hacían falta los orificios apropiados (troneras). Para soportar sus impactos se exigía que los paños de murallas no fueran excesivamente largos, o en su defecto, que estuvieran arriostrados por torres intermedias de planta circular que los reforzaran y que en los encuentros entre paños también se ubicaran torres de planta circular. El motivo de construirlas de planta circular y no de planta cuadrada o poligonal era con el fin de que la geometría del cilindro de la torre, de paramento curvo, hace que el impacto del proyectil sea menos efectivo que el impacto sobre una superficie plana puesto que en este tipo de superficie el impacto es pleno, mientras que en la curva nunca lo es y además por geometría es más rígida.

Con estas necesidades ya se está desechando la técnica del tapial para construir muros aptos para las necesidades demandadas, porque construir paramentos curvos con esta técnica era muy costoso y nunca serían del todo curvos sino poligonales, por lo que no serían planamente efectivas. Entiendo que sólo se harían cuando los mampuestos fueran escasos como ocurre en la torre poligonal del Castillo de Socovos.

En el Castillo de Almansa, abundando la posibilidad el mampuesto como así es, estas ampliaciones se realizan de mampostería que se consigue de la misma roca del cerro de El Águila, «esculpiéndolo» a la vez para así mejorar los elementos defensivos naturales del Cerro. Se forran paños planos de tapial con elementos de planta semicircular para adaptar el edificio a los nuevos tiempos (extremo del ala sur) y se construyen de nueva planta otros nuevos con las nuevas formas «modernas» propias del siglo XV.

La piedra empleada en estos paños es más o menos uniforme de color ocre con tonos rojizos como las peñas sobre las que se apoya el Castillo por su fachada orientada al Oeste. Fachada que se compone de un gran cantil de roca en su base de más de 20 m de altura sobre la que se apoyan las construcciones más importantes del Castillo (torre del homenaje y ala sur). Este cantil rocoso de disposición vertical tenía delante de él otras lajas de ese mismo tipo de piedra, probablemente de menor altura, cuya base permanece oculta bajo los actuales rellenos antrópicos procedentes de las intervenciones del pasado siglo, que a la vez que sirven de cantera para la obtención de los mampuestos de los muros, mejoran las defensas del Castillo al eliminarlos pues evitan posibles escalonamientos que pueden facilitar el acceso de los enemigos al edificio.

Con este fin de evitar en la medida de lo posible que los asaltantes del castillo pudieran trepar ayudados por las juntas de los mampuestos es característico que estos paños estén enlucidos con mortero de cal, aunque debido al abandono que ha sufrido este edificio durante tantos siglos, una gran cantidad del enlucido ha desaparecido, sobre todo en la parte superior de los elementos que lo tenían, producto de la acción continuada de los agentes meteorológicos sin ningún tipo de mantenimiento.

La segunda gran intervención constatada con este material se produce en las «restauraciones» del pasado siglo, cuando el Castillo ya había perdido la función de edificio militar y dentro de él no se pensaba realizar ninguna actividad humana. Son intervenciones encaminadas a consolidar las pocas estructuras que del Castillo quedaban en pie en el momento de su intervención y generar un recinto cerrado que permitiera ver una fortaleza terminada, aunque en gran parte inventada, desde el exterior, a la vez que se evitaban los accesos incontrolados. Nunca se pensaba en su uso interno en estos momentos.

Se trata, por un lado, de una actuación paisajística: se genera una imagen bonita de la ciudad de Almansa con su castillo y por otro se evitan los riesgos de accidentes al construir un cerramiento que impida la entrada en un recinto peligroso al estar muchas de las construcciones de su interior en ruinas.

Así pues en primer lugar se desescombra el edificio demoliendo todo lo que esté en ruinas y reconstruyendo lo que fuera susceptible de reconstruir incidiendo en los cerramientos, sin prestar atención a las estructuras internas que pudieran dar sentido al edificio. Para realizar estas reconstrucciones se va a utilizar la técnica de la mampostería.

En primer lugar se reutilizarían los mampuestos procedentes de las ruinas desescombradas existentes, pero llega un momento en que hacen falta más mampuestos para las reconstrucciones y entonces se acude a la cantera más próxima que se tiene: las mismas lajas de roca del cerro interiores al recinto que se va a reconstruir. Como lo único que interesa es la reconstrucción del perímetro, sin importar para nada conservar y/o transmitir el funcionamiento interior del Castillo, se utilizan las lajas de piedra, que en otros tiempos eran paredes-muros de las distintas estancias del Castillo, como cantera deformando con esto la estructura funcional del edificio haciéndolo totalmente irreconocible.

Estos paños de mampostería construídos en estos momentos casi nunca son elementos enteros. Aparecen rematando las distintas construcciones, pero sobre todo es la fábrica con la que están construídas la práctica totalidad de las almenas que se pueden ver al día de la fecha ya que no existen más de 10 originales.

A diferencia de los mampuestos empleados en las fábricas del siglo XV, siendo la naturaleza de las dos piedras igualmente calizas, el color de éstos es gris con tonos azulados, como el color de la laja interior del castillo que en fotografías realizadas al iniciar las restauraciones existía y hoy en día no existe, lo que nos indica claramente la procedencia de los mampuestos.

Estas fábricas se diferencian también de las del siglo XV en que el aglomerante utilizado no es el mortero de cal y arena sino de arena y cemento de color gris, que fragua más rápido que con cal, y nunca han estado enlucidas por el exterior pero tampoco por el interior puesto que en el siglo XX, ni interesa reconstruir un buen edificio de carácter defensivo de época medieval, para lo que habría que tapar todas las posibles juntas que pudieran permitir que alguien trepara por los paramentos con un buen enlucido, ni tampoco se pretendían generar espacios interiores habitables, como ya se ha comentado, solo se pretendía la creación del contenedor bonito para verlo desde fuera, principalmente desde la carretera.

No existen muros de sillería, solo sillares dispuestos para reforzar las trabas de los muros de mampostería. La característica diferenciadora de estos frente a los mampuestos es su naturaleza: los sillares son de otro tipo de piedra traída desde fuera del cerro. Su naturaleza es arenisca, frente a la caliza de los mampuestos.



Figura 8
Foto de la «cantera» de los mampuestos de las intervenciones del siglo XX

Conclusión

A modo de conclusión se observa que la construcción del Castillo de Almansa es una construcción sencilla basada en los parámetros que caracterizan la arquitectura popular de la zona que, aunque comunes a muchos edificios del entorno, lo hacen único por su relación con su entorno inmediato, al que utiliza para responder a las demandas funcionales y constructivas que se le exigen en cada momento.

Lista de referencias

Caro Baroja, Julio. 1981. *Los pueblos de España*. Madrid: Istmo.

Fernández Alba, Antonio. 1990. «Los documentos arquitectónicos populares como monumentos históricos, o el intento de recuperación de la memoria de los márgenes». En *Arquitectura popular en España*, p. 22. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

García Mercadal, Fernando. 1981. *La casa popular en España*. Prólogo de Antonio Bonet Correa. Barcelona: Colección Punto y Línea. Ed. Gustavo Gili S.A.

García Sáez, Joaquín Francisco. 1988. *La Edificación Rural en el Término Municipal de Almansa*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses.

López Martínez, Francisco Javier. 1999. «Tapias y tapiales». En *Loggia arquitectura y restauracion* 8: 74-89. Valencia: Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.

Simón García, José Luis, J. F. García Sáez y G. Segura Herrero. 2001. *Plan director de recuperación, de conservación y de puesta en valor del Castillo de Almansa*. Almansa

Uriel Ortiz, Ángel y F. J. Puebla Contreras. 1990. *Reparación y estabilización de los agrietamientos del Castillo de Almansa*. Pozuelo de Alarcón: Uriel&Asociados.

La realidad construida del castillo de Cubelles según las trazas y el contrato del trazista fray Josep de la Concepció en relación a los tratados constructivos del siglo XVII: puntos de encuentro y desencuentro

Mariona Genís Vinyals
Jordi Planelles Salvans

La figura de Fray Josep de la Concepció su participación en la obra de reforma del castillo de Cubelles

Se puede afirmar que Fray Josep de la Concepció es un referente en el panorama de los autores de trazas del siglo XVII.

Su reputación le convierte en uno de los tracistas más solicitados del momento y le proporciona encargos que abarcan emplazamientos de Catalunya, Madrid y Valencia.

El reconocimiento de su obra se recoge en distintos documentos, incluso poco después de su muerte, de forma fragmentada, tal y como indica Carme Narváez (Narváez 2000).

No es hasta 1954 cuando Josep Maria Madurell Marimon publica en la revista Analecta Sacra Tarraconense un artículo que recoge todas las obras realizadas por el tracista incluyendo, de forma inédita, los contratos para el castillo de Cubelles, la casa de Carles de Llupià en Segur y el convento de los Carmelitas Descalzos en Vic. (Madurell i Marimon 1954)

Posteriormente César Martinell, expone no sólo la síntesis sino las cualidades de la obra del tracista en el segundo volumen de su libro sobre la arquitectura y escultura barroca en Catalunya, destacando su «Gran facilidad de composición, monumentalidad y acertada proporción de los elementos». (Martinell 1963, 66)

Su progresión profesional, explorada por Carme Narváez (Narváez 2000), nos muestra también su gran valía, ya que obtiene el título de tracista provincial de Valencia poco tiempo después de profesar su religión a los veinte y cinco años.

La obra de reforma del castillo de Cubelles se sitúa en el periodo de madurez de su carrera profesional, cuando tiene cuarenta y siete años, siete años después de haber realizado la reforma del Palacio del Virrey en Barcelona, obra que le prodiga fama más allá de los ámbitos religiosos.

En el momento del encargo el carmelita se encuentra proyectando la iglesia de Sant Feliu de Torelló, por lo que reside en el convento carmelitano de Vic.

El castillo de Cubelles tiene su origen en el siglo X. Sufre una reforma importante entre 1535 y 1536 siendo propietario Joan Boscà[1], reforma que posteriormente será parcialmente desmontada mostrando como resultado prácticamente la imagen del castillo que tenemos en la actualidad.

Es entonces entre 1673 y 1675 que se vuelven a realizar obras por encargo de Carles Llupià de Vilanova d'Icart, según la traza de Fray Josep de la Concepció. (Figura 1)

Las obras prevén la ampliación de una crujía, la redistribución interior, el derribo y posterior reconstrucción de algunos de los techos, el derribo de la escalera original, la posterior creación de la nueva escalera, así como trabajos en la fachada y en las cubiertas con el objetivo de unificarlas estilísticamente.

Para terminar este recorrido por la obra objeto de este análisis, podemos concluir que nos encontramos,

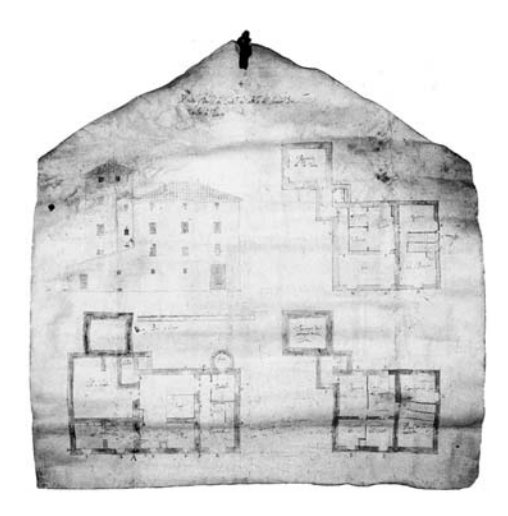


Figura 1
Fotografía de la traza realizada por Fray Josep de la Concepció el 1673 para reformar y ampliar el castillo de Cubelles. (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998, 328)

según describe Núria Pinós en sus apuntes acerca de la arquitectura del municipio de Cubelles (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998) ante un ejemplo de una obra que persigue a la vez la reforma instrumental del espacio y la unidad de un estilo muy característico del autor:

> Se trata de un edificio que huye del decorativismo dramático de claroscuros, propio de la etapa barroca, de manera que el único elemento representativo del estilo de la época en que se construye es el escudo de piedra realizado en relieve, el cual representa las armas de Carles de Llupià y de Vilanova, entonces señor del castillo. El edificio tiene más una apariencia de una gran casa solariega que de un castillo y se configura dentro de unas líneas austeras, con una falta total de decorativismo, sólo rota por los marcos de piedra de las aperturas. Esta sencillez, basada en una concepción arquitectónica lineal, responde a la tendencia clasicista de su autor que sentía un gran respeto por la arquitectura del pasado tradicional de Catalunya, es decir por el estilo gótico, en el cual se inspiró a la hora de diseñar el edificio del castillo de Cubelles, mediante unas formas geométricas elementales que reafirman la simplicidad y la austeridad del lenguaje utilizado en este conjunto arquitectónico. (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998, 73)

Los contratos de obra del castillo de Cubelles y su realidad construida

No es nuestro propósito diseccionar de forma exhaustiva la relación entre los cuatro contratos y la realidad construida del castillo, tarea que por otro lado ya ha sido realizada por Raquel Lacuesta (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998, 191) sino establecer una relación comparativa entre algunas de las descripciones constructivas existentes en los memoriales y los tratados de construcción contemporáneos a su redacción.

Sin embargo se ha considerado oportuno describir brevemente los objetivos de cada uno de los contratos con el fin de ubicar las distintas descripciones constructivas que se analizarán posteriormente.

Previamente a esta descripción, cabe destacar que existe una doble singularidad en la reforma realizada de 1673 a 1675 en el castillo. Por una parte, Los distintos «memorial del contracte» (Madurell i Marimon 1954, 72) describen de forma sucinta pero detallada los procesos constructivos que se debían seguir en la obra. Además de la posibilidad de consultar y analizar los tres contratos derivados de la traza realizada por el fraile carmelita Fray Josep de la Concepció también hay que añadir que después de la muerte de Carles Llupià, la residencia es vaciada de los muebles más valiosos para ser arrendada por el municipio, que a su vez lo mantiene y sub-arrenda, conservándose prácticamente igual que en el momento de su última reforma.

Esta doble circunstancia permite contrastar el documento escrito con la realidad construida, apenas transformada des del siglo XVII.

El proceso de restauración iniciado el 1993 por el Servicio de Patrimoni Arquitectònic Local de la Diputació de Barcelona, en el que los autores de la ponencia participan en la actualidad, ha permitido comprobar la directa relación entre las exigencias constructivas expuestas en los contratos y los detalles de ejecución en obra de los mismos. (Figura 2)

Primer contrato

El primero de los cuatro documentos que constituyen una memoria e incluso un pliego de condiciones para la traza de Fray Josep de la Concepció fue redactado el 11 de marzo de 1673. Lo firman el propietario y



Figura 2
Fotografía general del castillo tal y como se encontraba a principios del siglo XX. (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998, 93)

los maestros de casas Joan Baptista Homs, de la ciudad de Barcelona y Joan Vinyals de la vila de Vilanova de Cubellas.

El memorial describe la apertura de las zanjas de los cimientos para la nueva crujía añadida y a la vez detalla la reforma de la distribución interior que se realizará en las crujías existentes:

En la parte existente hay que desmontar la cubierta, tabicar los portales y ventanas existentes y abrir otros nuevos. El tracista también renuncia a mantener los muros existentes en toda su altura y describe como se rebajarán hasta sólo 15 palmos del nivel del suelo.

En la zona que hasta la reforma se había destinado al acceso del edificio, Fray Josep describe la modificación de la distribución para convertirla en bodega y establo. La remodelación de este espacio requiere según el contrato el derribo de una pared bajo el arco, así como el derribo de la escalera que supuestamente debía servir hasta el momento para acceder al piso superior. Esto implica que el nuevo acceso se produzca a través del nuevo cuerpo anexado descrito con anterioridad.

El contrato continúa con la descripción de la reforma de la distribución interior de los pisos superiores cuya compartimentación se prevé con tabiques de baldosa cerámica y yeso que posteriormente se revocarían y encalarían con excepción de la buhardilla que estaba previsto se revocara con argamasa común.

Esta nueva distribución responde a la creación de estancias para una doble residencia, para los cuidadores y los propietarios, que implica la construcción de dos cocinas, que el contrato indica que deben estar embaldosadas.

La zona noble del piso superior consta de una alcoba y una capilla, que según el contrato se cubrirán con bóvedas a la genovesa.

Posteriormente se especifica la construcción de un núcleo vertical de comunas en un cuerpo ya existente, que se debe cubrir con un nuevo tejado y cuyas divisorias debían colocarse a modo de chimenea para favorecer la ventilación.

Finalmente en este primer contrato se define el acabado de la fachada con argamasa comuna y la apertura de la nueva puerta de acceso. Para la construcción de su dintel se especifica que se utilizarán tres piezas, y como más adelante se detallará se construirá encima del dintel un arco de descarga.

Segundo contrato

El dos de julio del mismo año el propietario redacta un nuevo contrato con los mismos constructores, ampliando las obras expuestas en el contrato anterior y consecuentemente el plazo de ejecución de las mismas, especificando el texto que es de máxima importancia dejar reposar la construcción.

En este caso la reforma se centra en la zona de cisternas, en la torre y en la cocina de mayordomos:

En este contrato las obras se concentran en la zona de cisternas, en las que se proyecta una nueva escalera y en la torre, que se debe hacer practicable, vaciándola de tierra y abriendo un portal que diera acceso a la habitación del primer piso. Una vez remodelada, la torre constaría de tres habitaciones que tenían que estar encaladas como el resto de estancias. También se amplían en este contrato las obras en la cocina de los mayordomos y los establos.

Tercer contrato

En pleno proceso de obra, un año después del inicio, se decide volver a ampliar el contrato. El día seis de

marzo de 1674 se firma un tercer documento entre los mismos interlocutores.

La descripción se centra en la construcción de una azotea sobre la zona de los establos:

El texto explica las dimensiones que debía tener y su acceso a través de la sala principal del castillo. Pero sobretodo explica la formación de la cubierta mediante la construcción de una pendiente, el pavimento y la baranda, detallando las alturas de los distintos tabiquillos que configurarían dicha pendiente.

Se trata esta última de la única descripción en los contratos que no se realizó posteriormente, realizándose en su lugar otra sala.

Cuarto contrato

Finalmente el último contrato se refiere a la carpintería. Lo firman el veintisiete de junio de 1674, los maestros de Vilanova de Cubelles, Josep Cabessa, Josep Martí, mayor y Josep Martí, menor.

En este memorial se contempla la construcción de tejados, forjados, puertas y ventanas:

Especifica cómo se realizarán todos los envigados de los tejados, así como de las jácenas, cabríos y latas. También hace referencia a la construcción de los bastidores, hojas de ventanas y puertas, tanto las que dividen las estancias como las de los armarios.

Una vez concluida la descripción de los contratos o memoriales se puede afirmar que la práctica totalidad de las descripciones se realizaron, con la excepción de la azotea aneja a la sala principal y que gran parte de ellas se han podido comprobar bien por su observación directa, bien en algún momento del proceso de restauración del edificio.

La relación entre los contratos y los tratadistas contemporáneos al Tracista Fray Josep de la Concepció

La estrecha relación entre los contratos y la realidad construida permite considerar a ambos como una referencia con la cual comparar otros escritos de la misma época lo que se constituye como el objetivo de la presente ponencia, es decir, la comparación entre los contratos, la obra y los distintos tratadistas contemporáneos al tracista Fray Josep de la Concepció.

Se han seleccionado cinco aspectos de la obra de reforma del castillo en los que se contrastarán las descripciones constructivas de los contratos de obra con el tratado de referencia para la mayoría de tracistas del siglo XVII: «El Arte y Uso de la Arquitectura» de Fray Lorenzo de San Nicolás (San Nicolás 1989) estableciendo cuáles pueden ser sus relaciones de coincidencia, oposición o ausencia, es decir, de encuentro y desencuentro**,** que en algún caso podrían llegar a completar alguna parte de este tratado.

La cimentación

El primer proceso constructivo descrito por Fray Josep de la Concepció en el primero de los contratos es el de la cimentación del cuerpo añadido. (Madurell i Marimon 1954, 73):

La primera descripción se centra en la geometría de la zanja, «Y dit fonaments se han de obrir, de amplaria de sinch pams profundos, fins a trobar lo ferm.», «Y si per cas no's trobava la terra ferma sufficient se enfondiren uns deu fins once palms del nivel del edifici» (Madurell i Marimon 1954, 73) en la que el carmelita define sus dimensiones y la necesidad de

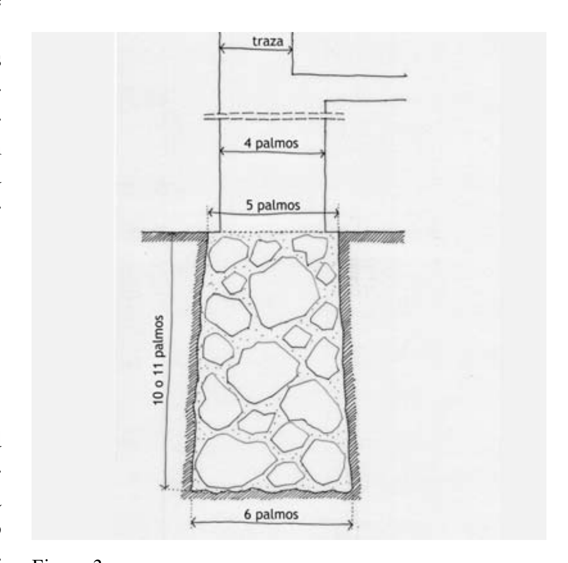


Figura 3
Interpretación de cómo debían ser las cimentaciones del castillo basándose en las descripciones del primer contrato. Autor: Jordi Planelles

encontrar terreno firme o bien llegar a una profundidad mínima de diez palmos.

Cuando se alcance esta profundidad y para ayudar a hacer trabajar mejor el terreno propone ampliar los cinco palmos de partida a seis a modo de zapata corrida «Y perque ajude lo art que falta la naturalesa del terreno, s'els donara sis palms de amplaria baix, a manera de sabata, disminuat de manera que al nivel del edifici vinga a tenir cinc pams» (Madurell i Marimon 1954, 73). (Figura 3).

Si comparamos esta primera descripción con el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás, podemos afirmar en primer lugar que las dimensiones expuestas en el contrato son coincidentes con las proporciones que propone el tratadista «El fondo de la zanja ha de ser si es Templo, la tercia parte de su ancho y si casa la cuarta parte» (San Nicolás 1989, 1:52). (Figura 3).

Aunque las proporciones coinciden, las dos descripciones se diferencian en dos aspectos:

1. Fray Josep de la Concepció propone la ampliación de la zanja en su contacto con el terreno, sin embargo Fray Lorenzo de San Nicolás defiende la necesidad de abrir las zanjas a plomo «Las zanjas se han de abrir a plomo, y derechas, porqué fuera de pedirlo el edificio, puede suceder el vaciar la tierra, y quedan las paredes derechas» (San Nicolás 1989, 1:53)
2. Fray Josep de la Concepció plantea la posibilidad de hacer llegar la zanja hasta un máximo de diez palmos en caso de no encontrar terreno resistente mientras que Fray Lorenzo de San Nicolás en la misma situación nos remite a Vitrubio «..., y siendo grande el hueco, sigue el consejo de Vitrubio, lib 3, capítulo 3, y es, que abierto el cimiento o zanja, y no hallando tierra firme, se hagan estacas de alamo negro o oliva,...» (San Nicolás 1989, 1:52)

Aperturas de puertas y ventanas

También en el primer contrato Fray Josep de la Concepció describe la formación de todas las aperturas. En concreto describe la necesidad de hacer los portales indicados en la traza con un «revoltó biombat de sobra» (Madurell i Marimon 1954, 74), tanto en los de piedra como en los de cerámica. (Figura 4)

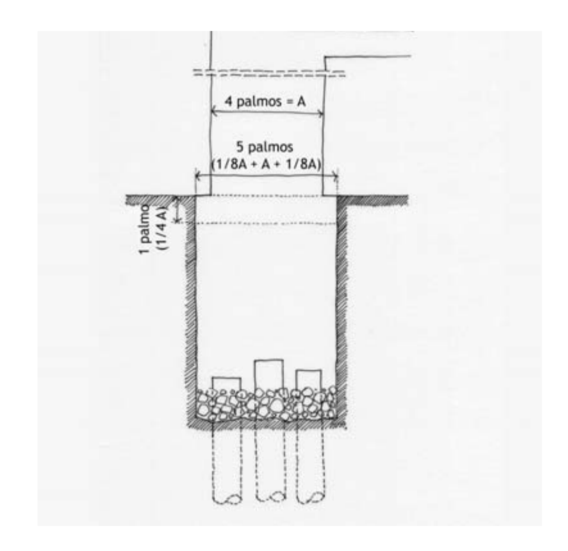


Figura 4
Interpretación de la cimentación descrita por Fray Lorenzo de San Nicolás en «El Arte y Uso de la Arquitectura». Autor: Jordi Planelles

Este tipo de solución para el portal es descrita también por Fray Lorenzo de San Nicolás cuando describe los géneros de arcos y la forma de realizarlos, por



Figura 5
Puerta de acceso a la sala principal del primer piso. Autor: Jordi Planelles. Julio de 2011



Figura 6
Imagen del portal principal de acceso en el que se puede observar el arco de descarga realizado encima del dintel de piedra. (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998, 199)

lo que de nuevo se puede verificar la relación entre el contrato y el tratado «aunque de ordinario estos arcos por la parte de afuera son adintelados, y por la de adentro escarzanos»

Posteriormente Fray Josep de la Concepció describe todavía en el primer contrato la necesidad de realizar «lo arch regler» (Madurell i Marimon 1954, 74) tanto en los arcos de cerámica como encima de los dinteles de piedra que se realizará de cerámica o de losa. (Figura 5)

No se ha encontrado ninguna referencia acerca de los arcos de descarga en dinteles en el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás, probablemente porqué concentra sus descripciones en los distintos tipos de arcos, incluyendo el adintelado.

Reparación de las lesiones en la obra existente

Después de describir las aperturas de puertas y ventanas, Fray Josep de la Concepció expone en el primer contrato como hay que reparar el desplome de la fachada sur «Item, se han de traurer los rapeus de la paret de la part del mitg die, y dita paret se ha de sotpedrar, ço es sotpedrar tota la gruxa de dita paret, exint en forma ha guanyar lo plom de lo que es vuy despomblat» (Madurell i Marimon 1954, 74). El proceso consiste en aumentar la sección de la pared des de la base hasta recuperar el plomo.

En relación a los daños sobrevenidos al edificio Fray Lorenzo expone en el capítulo 68 «Trata de los daños que sobrevienen a los edificios, y de sus remedios» (San Nicolás 1989, 183) como reparar las lesiones según el daño que las produce. En todos los casos plantea primero el tipo de daño y después la solución.

Según el tratadista hay dos daños que pueden ocasionar el desplome:

El primero se refiere a los temblores que al quebrar paredes podrían provocar su desplome. La solución para este tipo de daño es «echarle botales que son unos medios arcos o estribos que resistan el empuje...». (San Nicolás 1989, 184)

El segundo daño es la falta de traba en las paredes muy largas, en cuyo caso recomienda enderezarla mediante el empuje de las vigas y la realización de una roza y el posterior refuerzo de la sección tal y como indica también Fray Josep de la Concepció.

En este caso se pone en evidencia la distancia entre el tratado y la realidad constructiva estudiada en los contratos, sobre todo por la diferencia entre la magnitud de los daños que expone Fray Lorenzo.

Conducción de agua

La evacuación de las aguas pluviales del castillo de Cubelles para su posterior recogida y aprovechamiento se encuentra ampliamente descrita en los distintos contratos que abarcan des de la construcción del canalón en la fachada hasta el revestimiento con betún de las cisternas.

De todas ellas la descripción más interesante es sin lugar a dudas la de la canalización del agua desde la bajante hasta la cisterna, por haberse podido comprobar su relación directa con la realidad durante el proceso de restauración de la fachada del edificio. (Figuras 7)

Según Fray Josep de la Concepció «Lo qual rech ser fara de teula dobla, y se fara que tinga per lo menos un palm de ample y altra de alsada, cobrint dit rech ab llosas o rejola dobla, fent que quedi asobre de ell, per lo menos, un palm de terra.» (Madurell i Mari-



Figura 7
Fotografía de la canalización de agua descubierta en el proceso de la fachada sud del castillo. Autor: Antoni Barcons Grau, arquitecto del Servicio de Patrimonio Arquitectónico Local de la Diputación de Barcelona. Setiembre de 2004

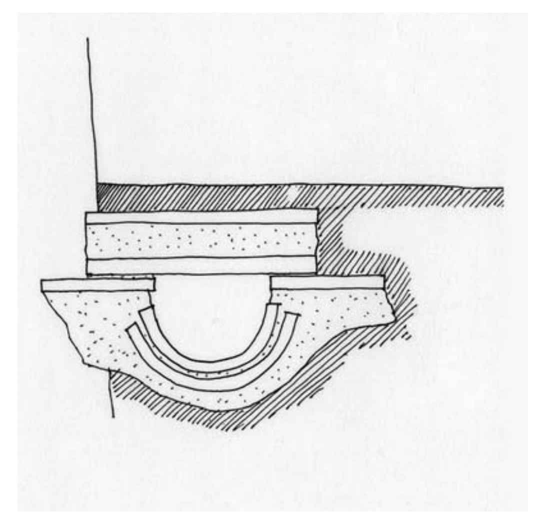


Figura 8
Representación de la canalización de agua encontrada en la fachada sur. Autor: Jordi Planelles

mon 1954, 75). En esta parte del contrato el fraile carmelita expone que la canalización se realizará con dos tejas dejando por lo menos un diámetro libre de un palmo y cubriéndolas con losas o con dos baldosas cerámicas[2]. Finalmente la conducción se deberá cubrir de tierra, supuestamente para ser protegida. (Figura 8).

Fray Lorenzo de San Nicolás dedica el capítulo 65 de su tratado a «la materia de que han de ser los caños, y de su asiento, y del betún y embetunar» (San Nicolás 1989, 1:178). En este apartado se refiere sobre todo a la canalización de agua para fuentes, por lo que es muy importante el tratamiento aplicado a la superficie del caño para su posterior salubridad.

En este sentido destacamos dos aportaciones para ser relacionadas con los contratos del castillo:

1. La primera hace referencia al material. Fray Lorenzo de San Nicolás desprecia los caños de plomo, cobre y madera, por distintos motivos como el sabor que infieren al agua e incluso por recomendaciones médicas. Finalmente recomienda los de barro cocido refiriéndose una vez más a Vitrubio:

> Los de barro son mejores: y del vaso de barro, afirman los Filósofos, que es más sabrosa el agua que en él se bebe; porqué dicen que la tierra es el natural sosiego y asiento del agua: Y así lo alaba *Vitrubio* en su lib. 8 cap.7 donde dice, ser más sanos los caños de barro que otros ningunos: y todos concuerdan en que son más sanos: y fuera de serlo, son de menos costa. (San Nicolás 1989, 1:178)

2. La segunda aportación ya explica el proceso de construcción de los caños:

> Hecho el betún por donde ha de ir la cañería, echarás dos hiladas de ladrillo, bien bañadas con cal, y sobre ellas asentarás los caños...
>
> Sentados los caños, los acompañarás de cal y ladrillo, y si encima de la cañería, y debaxo fueres asentando texa, mas seguro quedará el encañado, y sobre él echarás dos o tres hiladas de ladrillo, para que los ayuden e incorporen. (San Nicolás 1989, 1:179)

De forma general las recomendaciones son seguidas por Fray Josep de la Concepció, pero hay que tener en cuenta algunos matices:

En el caso de la primera, utiliza tejas y ladrillo de barro cocido para canalizar el agua tal y como indica el tratado.

En cambio en el caso de la segunda, Fray Josep de la Concepció no embetuna la zanja ni realiza las dos hiladas de ladrillo bañadas de cal sobre las que se asienta el caño, ya que ni son descritas en el memorial ni se encontraron en el proceso de restauración de la fachada. Si que sigue las recomendaciones acerca de la formación del caño de forma bastante rigurosa.

Se podría concluir acerca de la conducción de aguas, que Fray Josep de la Concepció sigue en su gran mayoría las recomendaciones de Fray Lorenzo de San Nicolás, con la excepción de los revestimientos de betún.[3] proceso que el tratadista explica de forma muy detallada y que el carmelita no explica.

La aportación de Fray Josep de la Concepció, recae más en la explicación global del recorrido que debe realizar el agua, des de las bajantes, pasando por las cañerías paralelas a la fachada, arquetas y conexión a las cisternas.

Los techos de madera

Exponemos a continuación una de las partes más extensas de los memoriales de construcción del castillo de Cubelles, la que se refiere a la formación de los nuevos techos.

Ya en el primer contrato Fray Josep de la Concepció explica que hay que hacer todos los techos de lata y baldosa «com se acostuma a fer per aquest país» (Madurell i Marimon 1954, 75), y en concreto explica tanto el proceso a seguir como las capas que deberán tener: «donant una alletadeta a las rejolas y enrejolar sobre, que queden tots los sostres enrejolats, tant los de la golfa com tots los demes» (Madurell i Marimon 1954, 75).

Más adelante en el cuarto y último contrato, firmado ya con los carpinteros especifica más este proceso constructivo y distingue los dos tipos que nos encontramos en la realidad:

1. El primer tipo, corresponde a los techos encima de los estudios y entresuelo, de la habitación del señor, de la sala y recibidor. Fray Josep de la Concepció describe que se galgarán las vigas en ambas dimensiones, se realizará un bocel en el canto inferior y se asentarán a una distancia de dos palmos entre ellas.[4]

   Posteriormente advierte que si es posible se colocaran en todos los aposentos vigas parederas a los lados longitudinales, mientras que en los lados perpendiculares a la luz se realizará un cajón de tabla siguiendo la imagen de las primeras «se posara un grux de post bastardeta que facia lo bossell que da de biga» (Madurell i Marimon 1954, 42).

   Encima de las vigas se clavarán según Fray Josep de la Concepció las latas, a las que también se realizará un bocel.

   Estas latas se realizarán a medida de las baldosas cerámicas que deberán estar encima, de forma que acaban formando un conjunto de cuadrados.

   Finalmente advierte que cuando enviguen y enlaten los techos, estos tienen que ser repartidos de manera que todos los cuadrados queden perfectos en todos sus lados. También advierte que las baldosas no deberán tocarse y que solo cargarán una pulgada encima de las latas. (Madurell i Marimon 1954, 42). (Figuras 9 y 10)
2. El segundo tipo correspondiente a las estancias de servicio, Fray Josep lo describe de forma mucho más simplificada «Y pasaran tambe per axa les llates y les asentaran y clavaran, que resta del tot a punt de posar rayoles» (Madurell i Marimon 1954, 42). La diferencia con el tipo anterior es evidente por la falta de boceles, el



Figura 9
Fotografía del techo de la planta primera en el que se puede observar el sistema de vigas, latas y baldosas. Autor: Jordi Planelles. Julio de 2011

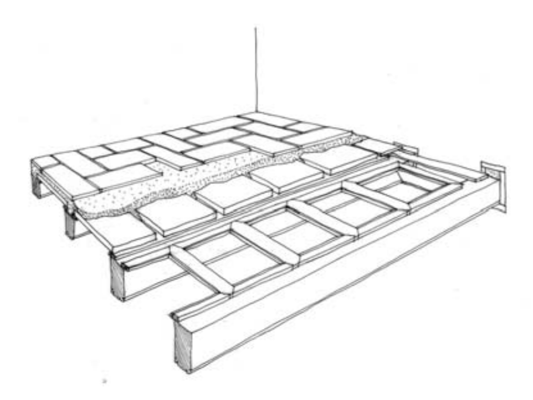


Figura 10
Representación del tipo de techo utilizado en las salas nobles. Las capas de abajo a arriba están compuestas por el envigado bocelado de 10 × 20, latas boceladas de 2 × 4, baldosa de 40 × 40 × 5, mortero de cal o argamasa de 2 y baldosa de 15 × 32 × 2. Todas las medidas en centímetros. Autor: Jordi Planelle

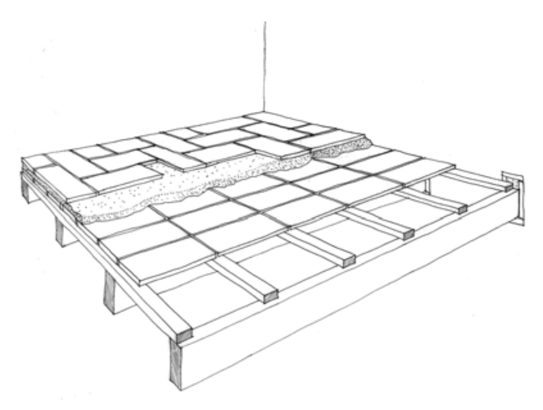


Figura 12
Representación del tipo de techo utilizado en las salas de servicio. Las capas de abajo a arriba están compuestas por el envigado de 8 × 20, latas de 6 × 4, baldosa de 15 × 32 × 2, mortero de cal o argamasa de 4 y baldosa de 15 × 32 × 2. Todas las medidas en centímetros. Autor: Jordi Planelles

hecho de no marcar cuadrados y el tamaño más reducido de las baldosas.(Figuras 11, 12 y 13).

La mayoría de tratados contemporáneos a los contratos del castillo de cubelles centran sus descripciones en las armaduras de cubierta como el propio Fray



Figura 11
Fotografía del techo de la planta segunda en el que se puede observar el sistema de vigas, latas y baldosas. Autor: Jordi Planelles. Julio de 2011



Figura 13
Detalle del tipo de techo utilizado en las salas de servicio. Autor: Jordi Planelles. Julio de 2011

Lorenzo de San Nicolás, realizando mínimas indicaciones sobre los forjados planos, centradas la mayoría de ellas en la dimensión de las vigas en función de la luz.

En este aspecto podemos citar a Bullet (Bullet 1691, 210-220) que aporta una tabla experimental de escuadrías. En cualquier caso Fray Josep no la pudo consultar para la ejecución de las obras del castillo al ser posterior su publicación.

Acerca del tipo constructivo, según Enrique Nuere y tal y como se ha podido comprobar el castillo presenta la siguiente particularidad: los forjados no se resuelven exclusivamente con elementos de madera sino que se utilizan piezas cerámicas para cubrir los vanos entre elementos. (Nuere 2000, 62)

De manera resumida se puede afirmar que hay más relaciones de coincidencia que de oposición entre los memoriales para la construcción del castillo de Cubelles y el tratado de referencia de Fray Lorenzo de San Nicolás, tal y como se ha ido exponiendo en cada caso estudiado.

De forma más concisa podemos concluir que Fray Lorenzo de San Nicolás al estar redactando un tratado aborda los temas de modo más general, con la intención de fijar criterios y reglas, mientras que en el caso del castillo de Cubelles, al tratarse de un contrato de obras, se describen con detalle soluciones constructivas concretas, con lo que se puede afirmar que en algunos casos como el de la formación de aperturas o la evacuación de las aguas, aporta una mayor definición constructiva que el tratadista.

Notas

1. Anna Castellanos expone en el capítulo «Historia del Castell de Cubelles. Les relacions entre els senyors i la vila» del número 10 de los «Quaderns científics i tècnics de restauració monumental» de la Diputación de Barcelona el contrato entre Joan Boscà y los maestros de casas Pere Bosch y Antoni Lorda. (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998).
2. En la realidad se optó por cubrir la canalización con dos baldosas cerámicas tal y como lo indican las figuras 7 y 8. Entre ambas se realizó una capa de argamasa de unos 6 centímetros de grosor.
3. Esta falta de revestimiento en los caños se podría explicar a partir de dos hipótesis: La primera parte de que el tipo de agua que canaliza, recogida de la lluvia, quizás no está destinada al consumo, por lo que no sería necesario un control tan riguroso de la salubridad. La otra hipótesis plantea que la canalización se realizará finalmente con una capa de betún de la que con el paso de los años se hubiera borrado todo rastro.
4. La medida de dos palmos responde al tamaño de 40 centímetros por 40 centímetros de la baldosa cerámica que se coloca en el forjado

Lista de referencias

Bullet, Pierre. 1691. *La architecture pratique qui comprend le detail du Toise, du Devis des Ouvrages de Massonerie, Charpenterie, Menuiserie, Serrurerie, Plomberie, Vitrerie, Ardoise, Tuille, Pavé de grais et Impression.* Paris.

Gómez Sánchez, M. Isabel. 2006. *Las estructuras de madera en los tratados de Arquitectura (1500-1810).* Madrid: AITIM, 2006.

González Moreno-Navarro, Antoni, Raquel Lacuesta, y Albert López Mullor. 1998. *Quaderns científics i técnics de restauració monumental.* Barcelona: Diputació de Barcelona.

González Moreno-Navarro, José Luís. 1993. *El legado oculto de Vitruvio.* Madrid: Alianza.

Madurell i Marimon, Josep Maria. 1954. «El tracista Fray José de la Concepción». *Analecta Sacra Tarraconense.*

Martinell, Cèsar. 1963. *Arquitectura i escultura barroques a Catalunya.* Vol. 2. 3 vols. Barcelona.

Nuere Matauco, Enrique. 2000. *La carpintería de armar española.* Madrid: Instituto Español de Arquitectura. MRRP.Universidad de Alcalá.

Muñoz Jimenez, José Miguel. 1990. *Arquitectura carmelitana (1562-1800).* Avila: Diputación Provincial de Avila. Institución Gran Duque de Alba.

Narváez, Carme. 2000. «El tracista Fra Josep de la Concepció i l'Arquitectura Carmelitana a Catalunya». Tesis doctoral, Bellaterra.

San Nicolás, Fray Lorenzo. 1989. *Arte y uso de Arquitectura.* Zaragoza: Colegio de Arquitectos de Aragón.

Fundamentos constructivos de las fortificaciones bajomedievales en la provincia de Soria: fábrica de mampostería con verdugadas de ladrillo en el castillo de Arcos de Jalón

Ignacio Javier Gil Crespo

La fortaleza de Arcos de Jalón, en el extremo suroriental de la actual provincia de Soria, fue uno de los castillos construidos o reutilizados durante la Baja Edad Media como defensa del territorio castellano en el límite con el aragonés. La *raya* de Aragón fue fortificada con un sistema de castillos y ciudades amuralladas que tuvieron su utilidad durante los diversos conflictos acaecidos en esa época. El castillo que es objeto de nuestro estudio defendía el valle del Jalón, vía importantísima de comunicación entre el valle del Ebro y los valles del Tajo y del Duero. En la comunicación se expondrán los fundamentos constructivos de la fortaleza atendiendo principalmente a las técnicas y los procesos constructivos desarrollados desde la interpretación de los indicios constructivos legibles en sus muros, atendiendo especialmente, por su singularidad, a los muros de mampostería con verdugadas de ladrillo.[1]

Como método de definición y defensa de la frontera bajomedieval entre Castilla y Aragón se procedió a su fortificación; se repararon antiguos castillos y fortificaciones musulmanas y se levantaron nuevas edificaciones defensivas. El objetivo de la Tesis es conocer las técnicas constructivas de una selección de estos castillos para interpretar la actividad edilicia de ese momento histórico, analizando la sistematización de estas técnicas constructivas dentro del contexto histórico, geográfico y arquitectónico que antes se ha establecido. El método de investigación consiste en un trabajo de campo en el que se documentan una serie de elementos previamente seleccionados tras un análisis del estado de la cuestión de la castellología medieval soriana. Se ha elaborado una extensa tabla con todos los elementos fortificados de la provincia en la que se incluyen los datos históricos, tipológicos, constructivos y bibliográficos básicos. Con los datos recogidos *in situ* se desarrolla el análisis de la construcción de cada elemento, apoyado en recursos gráficos.

En esta comunicación se expone el estudio de los fundamentos constructivos de la fortaleza de Arcos de Jalón. Este castillo es uno de los más singulares constructivamente, por el material y la técnica: es uno de los escasos casos en los que se emplea el ladrillo combinado con una fábrica de mampostería de piedra.

La fortificación de la frontera

Los límites administrativos provinciales actuales, debido a su arbitrariedad y en ocasiones falta de correspondencia con los límites históricos, no se suelen presentar como los idóneos para realizar una investigación de naturaleza histórica. Sin embargo, la franja de territorio que forma el marco geográfico de la investigación ha sido una frontera histórica de la que ha habido un afán de definir desde la Reconquista. Una de las preocupaciones de los monarcas castellanos fue la definición y defensa de la frontera con Aragón debido a las continuas guerras entre ambas Coronas a lo largo de la Baja Edad Media.

El territorio que ocupa administrativamente desde 1833 la actual y mermada provincia de Soria ha sido desde la antigüedad un territorio de paso y de frontera. La cultura celtíbera tuvo aquí su mayor desarrollo. La conquista romana integró el territorio dentro de la provincia Tarraconensis, tras la reforma de Diocleciano. El afán de Roma por dominar el territorio —es célebre el dilatado sitio de Numancia— respondía a la necesidad de controlar tan importante paso entre el valle del Ebro y la Meseta.[2] La estratégica situación de Arcos de Jalón, cerrando el cañón por el que discurre desde Medinaceli y dominando el valle cuando se abre al descender los Altos de las Pasaderas, justifica la importancia histórica que ha tenido desde la antigüedad. La Arcóbriga romana era un importante lugar de paso, junto con Ocilis (Medinaceli), de la Vía XXV, que unía Emérita y Caesaraugusta.[3] La estructura de comunicación territorial romana, que perdura durante el periodo visigótico, es utilizada por los árabes durante el Califato. Así, se utilizará esta calzada para comunicar la capital de la Marca Inferior, Mérida, con la de la Marca Media, Toledo, hasta la cabeza de la Marca Superior, Zaragoza.

Sin embargo, este carácter de paso y comunicación entre estas grandes unidades geográficas —valle del Ebro y los valles del Duero y el Tajo— se torna de frontera a medida que avanza la Reconquista. La Reconquista del valle del Duero se desarrolla a lo largo del siglo X, cuando se toma la parte occidental de la provincia. La Marca Media islámica establece en el Duero su frontera y para su vigilancia levanta toda una red de torres vigías o atalayas. En 946 Abd al-Rahman III reconstruye y fortifica Medinaceli, a donde se traslada la capitalidad de la Marca Media ante el avance de los cristianos y con el fin de controlar la vía de comunicación tan importante entre sus principales ciudades que era el río Jalón, como «centinela frente a Castilla» (Rubio Semper 1990, 115-116). Castilla avanza hacia el sur y en 1104 se hace con la plaza de Medinaceli. La ciudad de Arcos era la primera población importante de la Marca Superior.

Por su parte, Alfonso I de Aragón conquista Zaragoza, todo el territorio oriental soriano y el valle del Jalón a principios del siglo XII. En 1124 se hace con el Alto Jalón hasta Medinaceli. La preocupación del Batallador tras conquistar estos territorios fue la de controlarlos. Su acción política consistió en repoblar y organizar las nuevas tierras conquistadas. Para la repoblación mantuvo los musulmanes que ya las poblaban y trajo mozárabes levantinos. A lo largo del valle del río Jalón se erigió un sistema defensivo que controlaba el paso natural entre el valle del Ebro y el del Tajo, así como del Duero a través de Medinaceli y el valle del Bordecórex-Torete-Escalote (Carrión Matamoros 1998, 91–102).[4]

Alfonso I el Batallador, rey de Aragón, había tomado por esposa a doña Urraca, que sucedió en la Corona de Castilla a su padre Alfonso VI de Castilla y León entre 1109 y 1126. Bajo su reinado, Aragón avanza hasta el valle del Ebro con la conquista de Zaragoza en 1118. Un año más tarde llega a Soria, haciéndose con el poder de la zona oriental de la provincia. El aragonés, repuebla las tierras de Soria, las Vicarías, Morón, Almazán, Serón, Ciria y Ágreda. Cuando más tarde repudia a su esposa, mantiene estas tierras bajo gobierno aragonés. En seguida son reclamadas por Alfonso VII —rey de Castilla y emperador de León que reinó desde 1126 hasta 1157, hijo de doña Urraca e hijastro del rey aragonés—, apoderándose del Regnum Caesaraugustanum (Zaragoza, Tarazona, Calatayud y Daroca) que devolvió, tras el tratado de Carrión de 1140, a la recién formada Corona de Aragón a cambio de que Ramón Berenguer IV le rindiese vasallaje. Más adelante, en 1296, Alfonso de la Cerda entra por tierras de Soria con la ayuda de Enrique de Aragón y se autoproclama rey de Castilla tras apoderarse de Serón, Soria, Osma, Almazán y Deza. Con el tratado de Tarazona y de Huerta son devueltas en 1328 (Zamora Lucas 1969, 30–31 y Torres Fontes 1987).

Con estas disputas y roces fronterizos comienza una serie de luchas entre ambas Coronas que no cesarían —mantenidas ya por otros motivos— hasta finales de la Edad Media, siendo la más importante la llamada Guerra de los dos Pedros en el siglo XIV,[5] tras la cual entra en Castilla la Dinastía de los Trastámara.

En toda la zona oriental de la actual provincia, antigua Raya de Aragón, hubo una importante población morisca debida a las repoblaciones aragonesas. Cuando Castilla se hace, a mediados del siglo XII, con este territorio, expulsa a la población musulmana desde Calatayud a Sigüenza estableciendo Comunidades de Villa y Tierra y repoblando con gentes traídas del Alfoz de Lara: de Vizcaya y Burgos. Sin embargo, la población morisca en Arcos no sólo se mantiene sino que parece ser que llegó a ser total.[6]

Estas comunidades de Villa y Tierra se van transformando en tierras de señorío como medio de vigilancia de las tierras fronterizas. Las Coronas deben nombrar señores fronteros en las villas cercanas a la frontera para vigilar esta región en disputa, que se encargarán de levantar y reformar fortalezas y construcciones castrenses localizadas por el oriente de la actual provincia de Soria, en las comarcas ya citadas que constituyen el ámbito territorial de la investigación.

La fortaleza de Arcos de Jalón

Las primeras noticias del castillo de Arcos son del siglo XIV, cuando, según narra la *Crónica de Pedro I*, éste asedió la villa y su castillo, junto con el de Miño de Medinaceli, cuando el conde Ferrán Gómez de Albornoz se rebeló como partidario del conde de Trastámara en 1358 (Bernad Remón 1994, 12 y Ávila Seoane 2005, 467).[7] Finalizada la Guerra de los Dos Pedros, Enrique II de Trastámara otorga agradecido el señorío de Arcos a Juan Duque, heredándolo después su segunda mujer, Sancha de Rojas, entroncada más tarde con la familia Manrique al unirse en segundas nupcias con el adelantado mayor de Castilla, Gómez Manrique (Ávila Seoane 2005, 468). La hija de éstos, María Manrique, casada con Gómez de Benavides, vendió en 1440 al tercer conde de Medinaceli, Luis de la Cerda, «el logar de arcos con su castillo e fortaleza e con su juredişión e Justişia çeuil e criminal, alta e baxa, mero e mixto inperio e con todos sus términos e territorios»,[8] perteneciendo hasta el siglo XIX al señorío del Conde de Medinaceli (Ávila Seoane 2005, 473).

El castillo de Arcos se asienta sobre el vértice de un promontorio que domina la ciudad, en la divisoria entre el barranco del Pueblo y el valle del Jalón, y que es el extremo del Alto de las Pasaderas. Este castillo, como casi todos, se asienta sobre anteriores construcciones defensivas. Sin embargo, del estudio de su construcción no se desprende que haya restos de estas posibles construcciones previas. Posiblemente sus materiales fueron reaprovechados en los muros. Una exploración arqueológica podría mostrar estructuras ocultas.

Las trazas de las murallas del castillo dibujan una planta sensiblemente rectangular con orientación NE-SW. El lienzo SE, que es el único que se conserva, dibuja una curva convexa para adaptarse al relieve. El lienzo occidental se ha perdido, si bien se puede aventurar su trazado por los bancales que sostienen la explanada del recinto interior. Quedan restos de dos torreones en las murallas. Hacia la mitad del lienzo SE, en el punto donde se produce el cambio de dirección, se observa el encuentro de un torreón desaparecido, seguramente rectangular, manifestado por el enjarje de los sillares del encuentro. En el extremo septentrional del lienzo de muralla se conserva otro torreón, mejor conservado aunque en avanzada ruina. En el lado suroccidental, y fuera del recinto amurallado y cerrándolo por ese lado, se levanta la sólida torre del homenaje, a cuyos pies se abría la puerta de entrada al recinto castrense. La torre, de planta cuadrangular, de unos 13 × 13 metros de lado y unos 17 a 20 de altura —dependiendo del lado—, presenta unos muros de unos 2 metros de espesor.[9]

La torre debió tener una planta baja inaccesible desde el exterior ya que la puerta de entrada se situaba en la planta primera. Un forjado de vigas de madera —apoyadas en los muros y en una posible estructura lígnea vertical en el interior de la torre— formaba la segunda planta. A esta altura arranca un arco paralelo a los muros suroriental y noroccidental sobre el que apoyaba el último forja-



Figura 1
Emplazamiento del castillo de Arcos de Jalón y su relación con el casco urbano y la defensa del valle



Figura 2
Vista general del castillo de Arcos de Jalón desde el sureste

do, cubierta y azotea desde la que vigilar y defender la fortaleza.

Los castillos cercanos de Somaén y de Montuenga de Soria tienen una disposición tipológica similar, tanto en su ubicación en lo alto de un cerro que domina el valle, como en tener —o haber tenido— dos torres en los extremos del recinto amurallado. En Arcos se conserva la torre más alejada de la proa del cerro sobre el que se asienta el castillo; es posible que en este extremo —el que vigilaría el valle del Jalón— también tuviese una torre de la que no quedan restos visibles.

Fundamentos constructivos: fábrica de mampostería con verdugadas de ladrillo

En los distintos elementos arquitectónicos de la fortaleza —muralla y torre— se encuentran dos técnicas constructivas. En la muralla conservada y la base del torreón, los hilos constructivos de mampostería de piedra caliza se encintan con verdugadas de dos hiladas ladrillo sobre las que, cada cierta distancia, se abren unos mechinales —también formados algunos de ellos con piezas de ladrillo— que sirvieron para el apoyo de los medios auxiliares de construcción. Las esquinas se forman con grandes sillares careados. La segunda técnica constructiva es la simple mampostería —algunos mampuestos colocados a sardinel o tizones inclinados— con esquinas de sillería, aunque con sillares de menor tamaño que los de la parte baja.

En los muros del castillo de Arcos de Jalón se aprecian diversas huellas de los medios auxiliares empleados durante la elevación de sus muros. El análisis dimensional y constructivo de estas improntas permite comprender el proceso y entender la técnica constructiva, así como compararla con otras improntas de otras construcciones coetáneas para conocer la sistematización —a nivel arquitectónico, poliorcético, político y económico— de las fortificaciones fronterizas entre Castilla y Aragón en la Baja Edad Media. A continuación se estudia la técnica constructiva de los muros de mampostería con verdugadas de ladrillo presentes en la parte baja de la torre y en la muralla del castillo de Arcos de Jalón y se analiza su proceso constructivo.

Este tipo de fábrica tiene su origen en el aparejo romano denominado *opus mixtum* (Adam 1996, 151-156), si bien pertenece al llamado aparejo toledano.[10] El aparejo toledano emplea el ladrillo para formar unos cajones que se rellenan con mampostería o tapia de tierra, a la vez que define las esquinas, huecos y la forma de la construcción siendo la mampostería un relleno aunque con función estructural también. Los cajones o hiladas de mampostería en los distintos aparejos toledanos clasificados por otros autores (Miranda Sánchez 1995, Rojas Rodríguez-Malo y Villa González 1999) suelen tener una altura equivalente a unos seis o siete hiladas de ladrillo (unos 45–50 cm), aunque se han encontrado al menos dos casos —ábside de San Román y muros de San Clemente en Toledo—, en los que la altura de la mampostería es similar a la de la fortaleza arcobriguense.[11] La fábrica de la cabecera del convento de San Clemente levantada en el siglo XVI por Covarrubias presenta «los ochavos labrados de berroqueña e bien asentados a plomo e cordel»[12] en lugar de la tradicional esquina de ladrillo.

Las fábricas con verdugadas de ladrillo fueron empleadas en la España bajomedieval, tanto en el territorio cristiano como en el musulmán, y no son más que la conservación de la tradición constructiva mantenida desde la antigüedad romana. En la arquitectura militar musulmana y en la mudéjar andaluza se aparejaban los muros mixtos con verdugadas de ladrillo entre cajones de tapial o de mampostería. Este aparejo aprovecha el grosor de la verdugada de ladrillo para albergar los mechinales de las agujas del tapial o de las almojayas, que se rematan superiormente también con ladrillos (Graciani García y Tabales

Rodríguez 2008, 135–158). En los aparejos andaluces no se da el caso de que el mechinal se sitúe sobre la verdugada y se forme con piezas latericias, como en la fábrica toledana.

La influencia mudéjar en la construcción de este castillo es más palpable que en otros de la misma área de estudio. Más avanzado el valle del Jalón, así como en el Ebro Medio se encuentran fortalezas en las que se también se emplea el ladrillo y el ladrillo combinado con otros materiales.[13] En la comunidad de Daroca, en la provincia de Zaragoza, es común la fábrica de mampostería con verdugadas y aristas de ladrillo, como en el caso de Cariñena, Encinacorba, Almonacid o la torre de la Lisalta en Cosuenda.[14] Así mismo, hay fortalezas almohades construidas en la misma época con mampostería alternada con verdugadas de ladrillo, como los castillos de Évora y Paderne en Portugal, la fortaleza del Almendro en Constantina (Sevilla) o el castillo de Peñas Negras en Mora o el de Escalona, ambos en Toledo (Pavón Maldonado 1999, 208–209).[15] El empleo del ladrillo en este castillo de Arcos de Jalón se ha querido ver como una muestra de la influencia morisca, dado que la población en el Arcos medieval fue en su mayoría morisca. Sin embargo, en todos estos ejemplos, las esquinas se realizan con ladrillo, mientras que en la fábrica de este castillo, éstas son de grandes sillares de piedra. Difiere además la formación de los mechinales para apoyo de los andamiajes durante su construcción.

El mudejarismo en la zona del Bajo Aragón, con la que se relacionaba por motivos geográficos el valle del Jalón, puede arrancar de las incursiones por el territorio musulmán realizadas por Alfonso I para hacerse con población para repoblar los territorios que iba conquistando.[16] La repoblación con musulmanes fue una práctica habitual en los monarcas aragoneses.[17]

A la luz de estos datos, se puede razonar que la construcción mudéjar de este castillo es de influencia toledana y no aragonesa: los moriscos de Arcos tenían una estrecha relación no sólo con Aragón por razones geográficas, sino que había importantes contactos con Toledo por mor de los vínculos comerciales.[18] Precisamente Toledo es el gran foco de propagación de la construcción mudéjar en Castilla durante la Baja Edad Media.[19] El análisis de sus fábricas puede explicar la manifestación constructiva de estas influencias y contactos culturales, sociales y comerciales.

Dimensiones de la pieza de ladrillo y los hilos constructivos

Es precisamente el empleo del ladrillo en la construcción de este castillo lo que le hace singular dentro del conjunto de la arquitectura militar bajomedieval soriana, si bien no es el único caso.[20] Las dimensiones medias de los ladrillos empleados en la fábrica, tomadas en varias muestras, son de unos 25 3 14 3 4,5 cm,[21] de manera que los huecos dejados por el cajeado en ladrillo para los mechinales viene a ser de unos 15 3 15, aproximadamente. La verdugada de ladrillo consta de dos hiladas de un pie de espesor, la primera a testa y la segunda a soga. El espesor de un pie se ha podido comprobar en una parte del muro suroccidental, donde se ha producido la caída de algún mampuesto y el desgaste en el arranque del muro. La finalidad de esta verdugada parece ser la



Figura 3
Vista oriental de la torre y la entrada al castillo

regularización en horizontal de los hilos constructivos.[22] En algunos puntos se observa la presencia de una hilada bajo las otras dos que no es más que un mero relleno para enrasar y conseguir la horizontalidad sobre la mampostería del hilo constructivo. El nivel horizontal de las verdugadas de ladrillo es continuo a lo largo de las distintas fachadas e incluso en la muralla, lo que muestra la continuidad en la construcción.

A pesar de su carácter principalmente constructivo, estas verdugadas adquieren una categoría estética añadida. En efecto, cuando el muro se revoca, éstas se dejan vistas y constituyen un distintivo o rasgo característico de este castillo respecto a otros de la zona.

En las figuras 4 y 5 se han numerado las verdugadas conservadas. Entre paréntesis aparece la última verdugada que se conserva incompleta. En el muro NO se conservan cinco hilos de mampostería completos. La verdugada número seis está incompleta. En el muro SO, debido a la diferencia de nivel, la construcción de los hilos de mampostería comienza en el equivalente al tercero del muro anterior y alcanza hasta la sexta verdugada se conserva completa, percibiéndose parte de la séptima. Por su parte, el muro SE, arranca igualmente en el hilo número tres —aunque es un poco más alto que el nivel del tercero de las otras dos fachadas, si bien en el siguiente tajo ya se igualan los niveles— y se conserva completa hasta el quinto nivel. Al igual que su muro opuesto, la sexta verdugada sólo se conserva en una pequeña parte. Por último, el muro interior de la fortaleza, orientado al noreste, no conserva este tipo de fábrica, sino que está levantado con mampostería ordinaria.

Por encima del último nivel de verdugadas de ladrillo —que se conserva incompleto— se ha cambiado la técnica constructiva, quizá debido a una reparación o ampliación posterior: la construcción continuó con un aparejo simple de mampostería con sillares en las esquinas.[23] Todo parece indicar que la torre fue desmochada o sufrió importantes daños en su coronación, por lo que hubo de ser reparada a partir de la ruina que quedó. Esto explica que el último nivel de verdugadas de ladrillo esté incompleto y que no sea el mismo en los distintos muros de la torre. En este punto también se observa un cambio dimensional de los sillares de las esquinas. No se puede aventurar la altura que tuvo la torre original.

Hacia los 15 metros de altura, una imposta o bocel de piedra separa la coronación de la torre y el grosor del muro superior se reduce. No se sabe la altura total de la torre, ya que se encuentra muy deteriorada en su cabeza. Se sospecha que alcanzó algo más de altura, si se atiende a que el arco apuntado que se conserva en el interior sobresale muy poco sobre la cabeza de los muros. Sobre este arco se tendería el último forjado y la cubierta de la torre. Con toda seguridad, este último forjado y cubierta fue plano, tipo azotea. La presencia del potente arco indica que las cargas que tuvo que soportar el forjado fueron importantes y que no había una estructura interna de madera para apoyo del último forjado. Así mismo, la falta de huecos en el muro suroriental —el más vulnerable por hallarse fuera del recinto y estar más adelantado a la loma sobre la que se asienta el castillo— revela que la vigilancia y defensa de este flanco se hubo de realizar desde una azotea, en la que se acopiasen máquinas de guerra y su munición.

La altura de estos hilos es de unos 110-115 centímetros, aproximadamente. Las dos hiladas de ladrillo que definen la verdugada están separadas por una gruesa capa de mortero. El espesor total de la verdugada es de unos 15-20 cm —dos piezas de ladrillo más dos tendeles de mortero de unos 4 cm de espesor—, por lo que el módulo constructivo en altura ronda los 130 cm. Sobre la última hilada de ladrillo se tiende una capa de mortero y horizontalmente cada cierto intervalo —unos 130 cm, sensiblemente igual que la altura de cada hilo— se abren unos mechinales para el apoyo del andamiaje auxiliar.

Mechinales de ladrillo

Los mechinales de los muros suroriental y noroccidental se forman con piezas de ladrillo. Cada uno de los dos laterales se forma con dos ladrillos sobre los que apoyan otros tres o cuatro ladrillos en horizontal, todos tomados con mortero de cal. Tienen una profundidad equivalente a la longitud de los dos ladrillos: unos 50 cm. En algún caso el mechinal es más profundo, pero entonces se forma por el vacío de la aguja o viga de madera dentro de la propia mampostería del muro.[24]

La constancia dimensional parece indicar la aparente presencia de una ordenación modular en la organización de la obra. Al ser similares las distancias

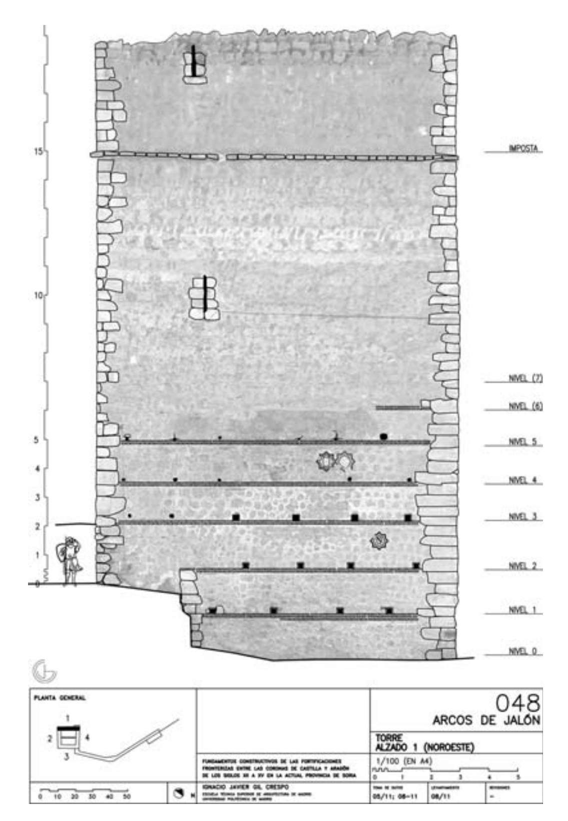


Figura 4
Alzado noroeste del torreón. En la parte inferior izquierda quedan restos del encuentro de la muralla con la torre. En este punto se ubicaba la puerta de entrada al recinto. Se conservan cinco niveles completos de hilos de mampostería entre verdugadas de ladrillo y parte del sexto nivel. En esta fachada se abrían dos saeteras en la vertical de la puerta como medio de vigilancia y defensa de la puerta

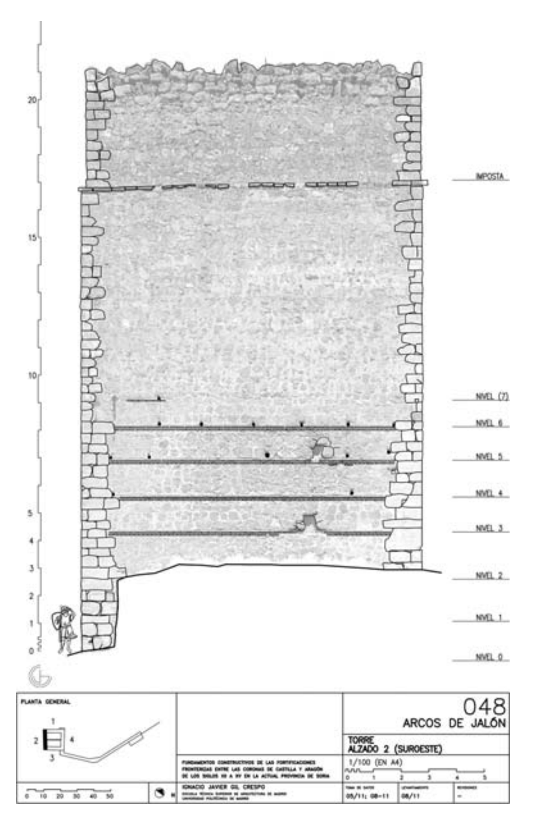


Figura 5
Alzado suroeste del torreón. Se conservan cuatro hilos completos y parte del quinto

entre mechinales y las alturas entre hilos, se podían aprovechar las mismas piezas del andamiaje a medida que iba avanzando la obra, tajo tras tajo, sin tener que fabricar piezas nuevas o alterar las ya utilizadas.

Este tipo de mechinal indica la influencia toledana en la construcción del castillo, ya que es una técnica muy extendida por las fábricas mudéjares de la ciudad y en otras localidades castellanas en las que se nota el peso toledano.

La preocupación por elaborar unos mechinales cajeados por piezas de ladrillo indica la necesidad de recuperar y reutilizar las almojayas o piezas auxiliares de madera que formarían el andamiaje, además de imprimirles un carácter estético. Los mechinales no son pasantes, al contrario que en otras fortificaciones de la época (Peñalcázar, Serón de Nágima o Magaña). Referido a los mechinales que alojaron las agujas para la técnica del tapial de tierra, Graciani García (2009, 684–685) expone que en esta época, las agujas serían pasantes en las construcciones cristianas militares en tapial mientras que las almohades y nazaríes utilizarían medias agujas. En efecto, la fortaleza de Serón de Nágima, no muy lejana de la de Arcos de Jalón y construida completamente en tapial y aproximadamente en la misma época, presenta unos mechinales de agujas pasantes a pesar del grosor del muro de 2,40 metros (Gil Crespo 2010, 65–69).



Figura 6
Mechinal en ladrillo en el muro NO de la torre

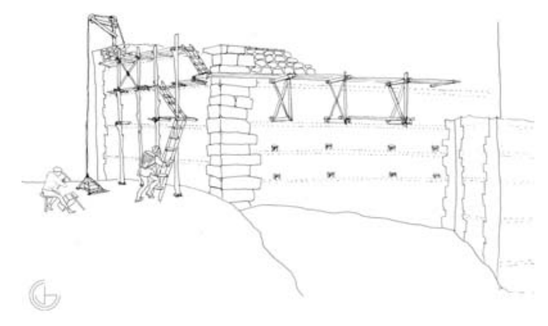


Figura 7
La torre durante su construcción. En el terreno plano que hay delante de la fachada suroeste se podía apoyar un andamiaje, acopiar los materiales, preparar los sillares y organizar la obra. Por el contrario, debido al desnivel y a la dificultad de apoyo, en los muros laterales hubo que volar el andamiaje. Esto explica la falta de mechinales en los muros SO y NE y la necesidad de fabricar unos mechinales de los que se pudiese extraer con facilidad las almojayas una vez terminado el tajo de obra

Proceso constructivo

En el muro suroeste no se utilizó esta técnica para formar los mechinales, quizá por ser el flanco más expuesto de la fortaleza o quizá porque, al igual que ocurre con el muro opuesto, se puede apoyar un andamiaje desde el suelo. Sin embargo, a partir del cuarto y sobre todo en el quinto, sexto y lo que se conserva del séptimo niveles constructivos, se aprecian algunos mechinales circulares. Los más cercanos a las esquinas penetran oblicuamente en el muro: en ellos apoyaron los andamiajes en voladizo para pasar la esquina. Estos mechinales son las improntas de las almojayas de madera embebidos en el muro, sin que exista una preparación previa del hueco como en los muros antes explicados.

La mampostería del muro es de grandes piedras calizas y arenisca tomadas con mortero de cal y con cierta labra en la cara visible para garantizar la planeidad en el paramento vertical. La colocación para formar el muro es la habitual: dos caras de estos grandes bloques para formar los paramentos y un relleno de piezas más menudas, cantos y cascotes para formar el grosor del muro, tal y como se puede apreciar al observar dentro de los mechinales y en algún punto donde se ha desprendido esta primera capa.

Se ha realizado un análisis gráfico de este tipo de construcción en los muros del castillo de Arcos de Jalón, recogido en la figura 8. Se pueden apreciar todas las capas y los encuentros entre materiales, así como el apoyo de los andamiajes en los mechinales.

La muralla conservada también fue levantada con esta técnica constructiva. No obstante, como se aprecia en la fotografía de la figura 2, el encuentro —utilizando sillería que lo traba— entre la muralla y la torre muestra que su construcción fue simultánea. Sin embargo, en el torreón septentrional de la muralla, parece que el relleno es de tapial de tierra para el que se ha utilizado como encofrado una hoja de mampostería. Este torreón parece ser una adición, ya que no hay continuidad de la fábrica en el encuentro. La cabeza del torreón —con una planta de unos 3 × 9 m— está más deteriorada y ha perdido tanto la coronación como parte de la hoja exterior, dejando a la vista el relleno de tapial. Se observa que las improntas constructivas se adentran en el muro —no se ha podido comprobar la profundidad por ser inaccesible—, así como que están formadas con un ladrillo que se coloca sobre la aguja, sin tabicas laterales como en el resto de la fábrica de la muralla. La coloración distinta de esta torre, aspecto llamativo de primera impresión, se debe a la escorrentía superficial del desgaste del relleno de tierra arcillosa por el paramento. El tamaño de la piedra y las dimensiones de

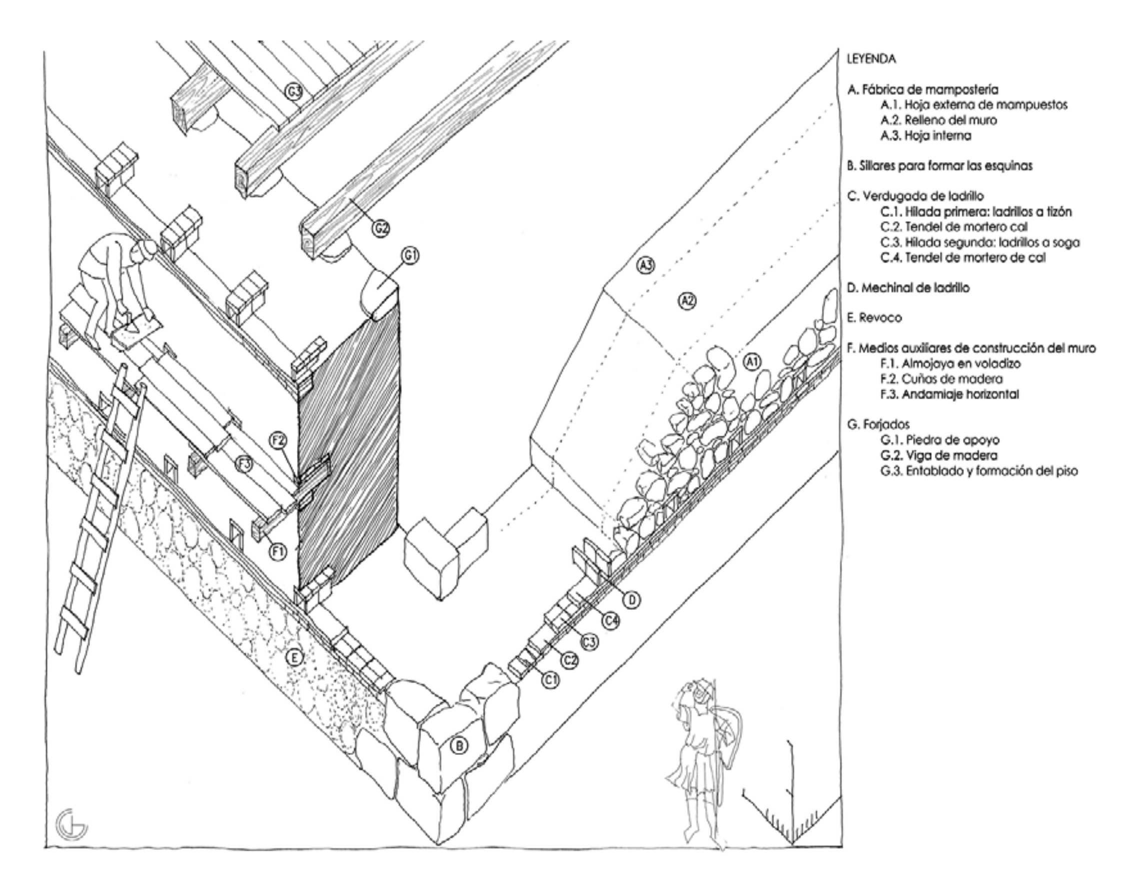


Figura 8
Análisis gráfico de la construcción de los muros de mampostería con verdugadas de ladrillo del castillo de Arcos de Jalón

los ladrillos son similares a las del resto de la fábrica, lo que cabe suponer que, aunque no se construyeron a la vez, son de la misma época. Quizá se añadió para reforzar —poliorcéticamente y estructuralmente— la esquina nororiental de la muralla.

Marcas de cantero

Aunque no se han documentado de manera integral, se han observado una serie de marcas de cantero que aparecen sólo en los sillares correspondientes al primer tipo de construcción, es decir: a los sillares que definen las aristas entre los hilos de mampostería separados por verdugadas de ladrillo. A partir del nivel en que se cambia la técnica, los sillares son más pequeños y en ellos no se aprecian estos signos distintivos. En la figura 11 se detallan estas cinco marcas diferentes.[25]

Revocos

En los tres arranques de muros con verdugadas de ladrillo, así como en el lienzo de la muralla, se conserva un revestimiento de cal singular, principalmente en la fachada SE y casi perdido en la SW y NW. Los mampuestos se rejuntan con motivos circulares resaltados y tangentes entre sí, cuyo diámetro varía en función del tamaño de la pieza. Este tipo de revestimiento se encuentra en algunas de las fábricas toledanas (Miranda Sánchez 1995, 169),



Figura 9
Torreón de la muralla con relleno de tapial



Figura 10
Marcas de cantero en los sillares de la parte inferior del muro

aunque desafortunadamente cada vez menos debido a las intervenciones que limpian cualquier resto de revestimiento.

Entre estos motivos circulares que rellenan todo el paramento de la mampostería, se encuentran algunos motivos diferentes: en la fachada suroriental hay una pequeña cruz latina y en la noroccidental se conserva el escudo de armas de los Albornoz dentro de una estrella de ocho puntas y, dos hilos más arriba, otros dos escudos dentro de sendas estrellas de ocho puntas.

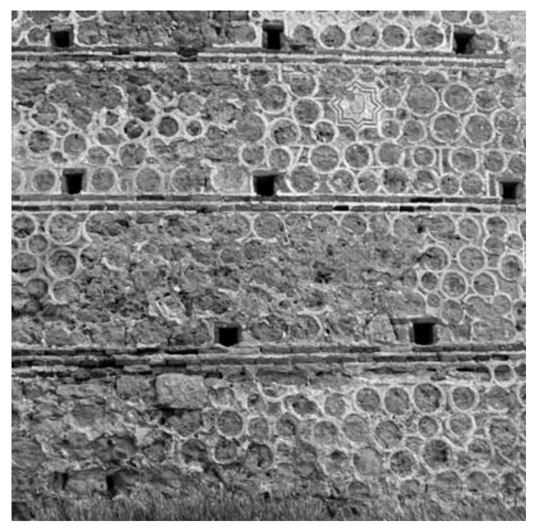


Figura 11
Restos del revoco con motivos geométricos en el muro noroccidental de la torre. Se observa el escudo de los Albornoz en la parte superior

Conclusiones

A través del análisis de las improntas constructivas se ha podido establecer una hipótesis de cómo se desarrolló la construcción de la fortaleza de Arcos de Jalón. Este análisis, apoyado en métodos gráficos, explica los fundamentos constructivos y las singularidades de la fábrica de mampostería con verdugadas de ladrillo.

Del estudio constructivo de sus muros se desprende que se observan claramente dos etapas de construcción. Un estudio histórico más exhaustivo puede revelar datos de archivo sobre los daños sufridos durante el asedio de Pedro I y las guerras de la Raya así como de las reparaciones que hubieron de efectuarse en el castillo.

La singularidad de este castillo dentro de su contexto geográfico y temporal está en el empleo del ladrillo en verdugadas con relleno de mampostería y con las esquinas de sillería. El hecho de que las esquinas se realicen con grandes sillares hace diferir del tradicional aparejo toledano presente en construcciones tanto castellanas como aragonesas, las cuales presentan las esquinas de ladrillo. Es más: la presencia de marcas de cantero denota la

profesionalización y división de los distintos trabajos de la obra.

El cuidado prestado a la construcción de los mechinales de ladrillo le convierte en un caso único en este contexto. Este tipo de mechinales se emplearon en el mudéjar castellano desde el siglo XII en Toledo y el área castellana de su influencia, como método constructivo del llamado aparejo toledano. Sin embargo, esta área de influencia —Ávila, Segovia, Valladolid— es lejana de la comarca del Jalón. Las relaciones sociales y comerciales de Arcos con Toledo pueden explicar la elección del procedimiento constructivo de su fortaleza. Aunque se ha intentado relacionar dimensionalmente las piezas de ladrillo con las empleadas durante el mudéjar toledano no se ha llegado a ninguna deducción concluyente, abriéndose una línea de investigación que busque y compare las posibles equivalencias dimensionales con otras piezas de ladrillo de uso contemporáneo.

El empleo del ladrillo puede ser un testimonio del mudejarismo imperante en la Baja Edad Media, así como una respuesta constructiva del contexto social —la población mayoritariamente morisca de Arcos— y geográfico —la relación directa con Aragón a través del valle del Jalón y comercial con Toledo— en que se encuentra la construcción del castillo. Sin embargo, esta técnica era común en tierras aragonesas y en la construcción mudéjar en general. No obstante, es significativo que en otras fortalezas cercanas, como Somaén, Montuenga, Santa María de Huerta o Deza, no se emplee el ladrillo, habiendo habido también una importante población morisca.

Las conclusiones a las que se llega tras el análisis constructivo de la fortaleza de Arcos de Jalón tienen un carácter provisional ya que se pretende conocer el conjunto de la construcción castrense bajomedieval soriana a través del conocimiento general de las técnicas presentes en los edificios conservados y razonada desde su estudio y comparación de los casos particulares.

Notas

1. La comunicación desarrolla una parte de la investigación conducente a la realización de la Tesis Doctoral del autor, titulada *Fundamentos constructivos de las fortificaciones fronterizas entre las Coronas de Castilla y Aragón de los siglos XII a XV en la actual provincia de Soria*, dirigida por los profesores Luis Maldonado Ramos, Santiago Huerta Fernández y Fernando Vela Cossío, dentro del programa de doctorado del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.
2. «El territorio estudiado ha representado desde antiguo una región fronteriza, tanto desde el punto de vista geográfico como desde el histórico y social. La divisoria entre las aguas que se lleva el Duero y las que recoge el Ebro atraviesa la provincia. Es, así mismo, el límite entre la meseta central y la depresión del Ebro, así como el encuentro entre los sistemas Ibérico y Central. En lo que respecta a los elementos históricos, desde antiguo significó la concurrencia entre las culturas íbera y celta... Durante la Reconquista fue territorio limítrofe entre el avance cristiano y el califato islámico, y de ello quedan multitud de fortalezas y atalayas emplazadas por toda la provincia. Más tarde, con la consolidación de las Coronas, volvió a ser una tierra límite entre Castilla y Aragón» (Gil Crespo 2010, 6)
3. «La desinencia "briga" (fortaleza) del nombre de Arcóbriga, indican claramente un sustrato celta anterior a su romanización» (Espinosa de los Monteros y Martín Artajo-Saracho 1974, 421).
4. El curso alto del río Jalón está organizado a través de un sistema de castillos: Medinaceli, Jubera, Somaén, Arcos, Aguilar, Montuenga, Belimbre (Santa María de Huerta), Monteagudo de las Vicarías, Castillo de la Raya y, ya en Aragón, Monreal de Ariza, Ariza... hasta Calatayud.
5. Rubio Semper (1990, 120-130) presenta un resumen de los acontecimientos bélicos y las relaciones entre Castilla y Aragón en el valle del Jalón. Sobre la guerra de los Dos Pedros que enfrentó a las dos Coronas entre 1356 y 1369 existe un extenso repertorio bibliográfico. Quizá el documento más importante sea la Tesis Doctoral de Antonio Gutiérrez de Velasco titulada *La Guerra de los Dos Pedros y la frontera castellano-aragonesa en el siglo XIV*, 1947. El mismo autor escribió diversos artículos desarrollando aspectos más concretos de esta guerra. El investigador Máximo Diago Hernando, a su vez, expone los efectos de dicha guerra sobre los territorios sorianos (Diago Hernando 1998, 125–156).
6. «En más de una ocasión el vicario de Arcos acude al santo Oficio para pedir "que se aplique algún remedio en su pueblo, ya que todos son manifiestamente moros". Él, por lo pronto, se niega a darles el Santísimo Sacramento por miedo perpetrar un sacrilegio. El párroco de esta misma localidad testifica en otra ocasión que "todos los moriscos vecinos desta villa son malos cristianos y nunca van a oyr misa los domingos o fiestas a derechas"» (García Arenal 1978, 30–31).

7. «Ferrán Gómez de Albornoz fue además comendador mayor de Montalbán (Teruel) por la Orden de Santiago y señor de Torrecilla del Pinar en el concejo de Molina de Aragón. El Álvar García de Albornoz el Viejo que figura como hermano suyo es el padre de Urraca Gómez de Albornoz, madre a su vez del también cardenal Alonso Carrillo de Albornoz, fundador del mayorazgo de Ocentejo» (Ávila Seoane 2005, 468).
8. «Autorización que dio Gómez de Benavides el 30 de agosto de 1440 a su mujer María Manrique... para que vendiera el pueblo a Luis de la Cerda, III conde de Medinaceli» (Ávila Seoane 2005, 468–469).
9. Las dimensiones en planta de la torre, que dibujan una figura sensiblemente cuadrangular, son las siguientes: muro NO, 12,85 m; muro SO, 12,30 m; muro SE, 12,25 m; muro NE, 12,65; según la toma de datos realizada por el autor.
10. Las fábricas que combinan la obra de mampostería y de ladrillo reciben el nombre latino genérico de *opus mixtum* o *listatum*. El conocido como «toledano» es un tipo de este aparejo (Rojas Rodríguez-Malo y Villa González 1999).
11. Con el fin de comparar la fábrica del castillo de Arcos de Jalón con los aparejos mudéjares de la ciudad de Toledo, se realizó en septiembre de 2011 un breve trabajo de campo en el que se estudiaron y documentaron, desde el punto de vista constructivo —dimensiones de la pieza de ladrillo, dimensiones del aparejo y relación con la mampostería, número de hiladas y disposición de las piezas latericias, forma, tamaño y situación de los mechinales—, 13 fábricas correspondientes a 10 edificios comprendidos entre los siglos XII y XVI de la ciudad. Las fábricas estudiadas son: Santiago del Arrabal, San Lucas, San Lorenzo, San Andrés, San Sebastián, Santa Úrsula, Santo Tomé, San Clemente y San Román. Además, se han tomado datos del muro exterior oriental de la puerta vieja de Bisagra, de origen musulmán.
12. Contrato de Covarrubias transcrito en parte por Miranda Sánchez (1995, 139–140).
13. «En las comarcas tradicionalmente mudejarizantes del Ebro medio y Jalón [los castillos] suelen ser de ladrillo o tapial: Calatorao, Pinseque, Cetina» (Guitart Aparicio 1976a, 34–35).
14. «Su pieza más interesante es una airosa torre llamada la "Lisalta", cuadrada de 5 m de lado, con un curioso aparejo de tableros de mampostería con verdugadas de ladrillo y reforzada en las aristas con ladrillos. Es la versión aragonesa del llamado "aparejo toledano", que se repite en los cercanos castillos de Encinacorba y Almonacid. Su cuerpo alto es de ladrillo mudéjar con huecos de campanas, por lo que pudo servir a la desaparecida iglesia. No parece anterior al siglo XV» (Guitart Aparicio 1976b, 60).
15. «Lógicamente los materiales predominantes en cada región durante la dominación islámica marcarán el rumbo a seguir por la arquitectura cristiana o la mudéjar: tapial en Levante; ladrillo y mamposterías de verdugadas de ladrillo en la comarca toledana y en las provincias de Málaga y Granada; en Almería y en las provincias occidentales, incluida Sevilla, tapiales. Tan sólo Aragón y Extremadura-Portugal parecen olvidar los materiales y procedimientos preferentes islámicos, empleándose el ladrillo en la primera y mampostería en el bloque Extremadura-Portugal» (Pavón Maldonado 1999, 569).
16. «En 1125, Alfonso I el Batallador, rey de Aragón, se atrevió a realizar una incursión por tierras de al-Ándalus. Entrando por Valencia, recorrió toda Andalucía oriental (Málaga, Córdoba, Granada) sin oposición ni del pueblo ni de las escasas guarniciones militares, retornando con 10.000 mozárabes que instaló en el Bajo Aragón» (López Guzmán 2000, 16).
17. Pedro III de Aragón, en 1285, «beneficiaba económicamente a los repobladores musulmanes que conformarán, por ejemplo, la morería de Teruel» (López Guzmán 2000, 16).
18. «Los moriscos de Arcos tenían además contactos con los de Toledo, donde iban a vender el azafrán que compraban en Aragón, en la zona de Urrea» (García Arenal 1978, 82).
19. «Se puede suponer que los grupos mudéjares que aparecen en Segovia, Ávila, Valladolid, Burgos y otras ciudades de la cuenca del Duero desde finales del siglo XII son de procedencia toledana, y acudirían a ellas en busca de lugares más alejados de la frontera, donde su presencia no despertara sospechas de colaboración política con el mundo islámico» (Laredo Quesada 1984, 78). Por su parte, Torres Balbás señalaba, respecto de la arquitectura militar mudéjar, que «otro foco de gran difusión fue el toledano, pujante sobre todo en los siglos XIV y XV. Influyeron en él tradiciones almohades del siglo XIII al XV, más directamente derivadas éstas de las musulmanas... Las [fábricas] toledanas están hechas de mampostería con verdugadas de ladrillo» (Torres Balbás 1949, 338).
20. La fortaleza de Gormaz, también en la provincia de Soria, de origen califal, fue reformada en el siglo XIV y se le añadieron unas torres con fábrica similar a la de Arcos de Jalón (Lorenzo Celorrio 2003, 113–114), si bien en Gormaz el ladrillo se emplea también en las esquinas. El ladrillo también se ha empleado en los castillos de Castillejo de Robledo o San Leonardo de Yagüe, lejanos geográficamente y temporalmente.
21. Estas dimensiones no coinciden con ninguna de las que ofrece Pavón Maldonado (1999, 637-640) para los ladrillos hispanomusulmanes. Así mismo, se han tomado medidas de los ladrillos de la arquitectura

mudéjar de la ciudad de Toledo y no se encuentra una correspondencia dimensional con los de esta fortaleza de Arcos. Por su parte, Phillipe Araguas (1987, 179) examina la proporción longitud/anchura de las piezas de ladrillo determinando dos grandes tipos: el toledano y aragonés, en el que predomina la relación 2/3, y el andaluz, en el que la proporción más habitual es la de 1/2. En el caso de los ladrillos empleados en la fábrica del castillo de Arcos, la proporción es aproximadamente 5/3, sin poder incluirse en ninguno de los dos grandes grupos. Se abre aquí una línea de investigación que consiste en comparar las dimensiones de estos ladrillos con los ladrillos empleados en otros castillos aragoneses y en otras construcciones de la época.

22. No se trata, por lo tanto, de una verdugada pasadera que enrase el muro en todo su grosor, como lo pudo ser el *opus mixtum* romano: «si bien en las construcciones en *opus mixtum* de Italia las verdugadas de ladrillo no son más que elementos de paramentos utilizados quizá para controlar los niveles, los constructores galorromanos, al contrario, van a aprovechar este material regular y de mayores dimensiones para realizar verdaderos apeos horizontales que unan los paramentos de los muros» (Adam 1996, 155).
23. Ya se ha señalado que algunas hiladas de esta mampostería son tizones inclinados, sin ser perpiaños. Este aparejo aparece en otras fortalezas de la zona. No es objeto de la presente comunicación, por lo que se pasa por alto no sin señalar la importancia que pueda tener para relacionar los aparejos de distintas fábricas coetáneas y cercanas.
24. Se encuentran precedentes y soluciones similares en los mechinales para apoyo de las vigas de forjados de la arquitectura doméstica romana y en la tradicional mallorquina: «en muchos casos, incluso, estas verdugadas correspondían a una altura de bancada o de jornada de trabajo y su intervalo seguía las distancias entre los niveles sucesivos del andamio, como atestiguan entonces las ubicaciones de los mechinales... Se aprovechan con frecuencia las verdugadas de ladrillos para alinear los agujeros de las almojayas» (Adam 1996, 155). «El método tradicional era liberar las vigas de la sujeción de los muros colocando una funda compuesta de cuatro finas placas de madera o baldosas de barro: la viga quedaba sujeta pero podía deslizarse como una espada dentro de su vaina» (Ramis 2005, 934).
25. Con el avance de la investigación y cuando se hayan documentado el resto de las fábricas de los castillos objeto de estudio en la Tesis se podrá establecer una relación entre las distintas marcas de cantero conservadas en otras fortificaciones para comprobar si en algún caso son coincidentes.

Lista de referencias

Adam, Jean Pierre. 1996. *La construcción romana. Materiales y técnicas*. León: Los Oficios

Araguas Philippe. 1987. «Architecture de brique et architecture mudéjar». *Mélanges de la Casa de Velázquez* 23:173–200.

Ávila Seoane, Nicolás. 2005. *El proceso de señorialización de la Extremadura castellana (siglos XII a XVIII).* Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Bernad Remón, Javier. 1994. *Castillos de Soria*. León: Lancia

Carrión Matamoros, Eduardo. 1998. «La zona oriental soriana en la Alta Edad Media: estructuras de población y sistema de defensas». *Celtiberia* (92): 55–124.

Diago Hernando, Máximo. 1998. «El final de la guerra de los Dos Pedros y sus efectos sobre el escenario político regional soriano en la segunda mitad del siglo XIV». *Celtiberia* (92): 125–156.

Espinosa de los Monteros, Juan y Luis Martín-Artajo Saracho. 1974. *Corpus de los castillos medievales de Castilla*. Bilbao: Clave.

García Arenal, Mercedes. 1978. *Inquisición y moriscos. Los procesos del tribunal de Cuenca*. Madrid: Siglo XXI

Gil Crespo, Ignacio Javier. 2010. *Fundamentos constructivos y análisis patológicos de la arquitectura de tierra en la provincia de Soria.* Inédito. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid

Graciani García, Amparo y Miguel Ángel Tabales Rodríguez. 2008. «El tapial en el área sevillana. Avance cronotipológico estructural». *Arqueología de la Arquitectura* 5: 135–158.

Graciani García, Amparo. 2009. «Improntas y oquedades en fábricas históricas de tapial. Indicios constructivos». En *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, editadas por Huerta Fernández, Santiago; Martín, Rafael; Soler, Rafael; Zaragozá, Arturo. Madrid: Instituto Juan de Herrera

Guitart Aparicio, Cristóbal. 1976a. *Castillos de Aragón I. Desde el siglo IX hasta el segundo cuarto del XIII*. Zaragoza: Librería General.

Guitart Aparicio, Cristóbal. 1976b. *Castillos de Aragón II. Desde el segundo cuarto del XIII hasta el siglo XIX*. Zaragoza: Librería General.

López Guzmán, Rafael. 2000. *Arquitectura mudéjar.* Madrid: Cátedra

Lorenzo Celorrio, Ángel. 2003. *Compendio de los castillos medievales de la provincia de Soria en el que se incluyen torres y atalayas de la misma época. Aumentado con las trazas de los ejemplares más representativos y adornado con ilustraciones de aquéllos que conservan restos significativos*. Soria: Diputación provincial de Soria

Miranda Sánchez, Antonio. 1995. *Muros de Toledo*. Toledo: Colegio Oficial de arquitectos de Castilla-La Man-

cha, Delegación de Toledo, Instituto provincial de investigación y estudios toledanos.

Pavón Maldonado, Basilio. 1999. *Tratado de arquitectura hispanomusulmana.* Madrid: CSIC

Ramis, Miquel. 2005. «La pervivencia de los modelos romanos en la arquitectura popular mallorquina». En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, editadas por Huerta Fernández, Santiago. Madrid: Instituto Juan de Herrera

Rojas Rodríguez-Malo, Juan Manuel y J. Ramón Villa González. 1999. «Origen y evolución del "aparejo segoviano" (*sic*) entre los siglos X y XVI». En De Balbín Behrmann, R. y P. Bueno Ramírez (eds.). *II Congreso de Arqueología Peninsular.* Tomo IV, 583–588. Madrid: Universidad de Alcalá. En el título aparece una errata, ya que en lugar de «aparejo segoviano», debería decir «aparejo toledano».

Rubio Semper, Agustín. 1990. «El Jalón en la Edad Media». En *El Jalón, vía de comunicación,* editado por Argente Oliver, José Luis, 109-130. Soria: Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Bienestar Social, Museo Numantino

Torres Balbás, Leopoldo. 1949. *Arte almohade. Arte nazarí. Arte mudéjar.* Madrid: Plus Ultra

Torres Fontes, Juan. 1987. «El Tratado de Tarazona y la campaña aragonesa en el Reino de Granada (1328–1331)». *Noel* 7–8: 3–19

Zamora Lucas, Florentino. 1969. «Dos fortalezas sorianas en la frontera aragonesa: Serón de Nágima y Vozmediano». *Castillos de España* (64): 29–38.

Aspectos constructivos y estructurales del proyecto de la catedral gótica de Córdoba obra de Hernán Ruiz «El Viejo»

Pilar Gimena Córdoba

Todo proyecto arquitectónico lleva implícitos condicionantes sociales y culturales. En el caso de la construcción de la catedral de Córdoba sobre la mezquita resulta imprescindible el situar ese contexto a la hora de desarrollar la explicación del proyecto.

El 22 de julio de 1521 el prelado de Córdoba comunicó al Cabildo de la Catedral su deseo de construir una nueva capilla mayor y un coro.

La formulación de dicho deseo estaba encarnada en el obispo D. Alonso Manrique (1516–1523), hombre caracterizado por su espíritu renacentista y por su carácter emprendedor.

Hernán Ruiz I recibirá el encargo y se encontrará con que debe realizarlo en el centro de un edificio de trazado islámico, sobre el que se van a apreciar distintos ámbitos de diversos periodos islámicos, numerosos añadidos y refuerzos cristianos, la Capilla Real y la Catedral del obispo Manrique de Lara.

Esta reforma en su origen provocó un litigio entre el cabildo de la catedral y el municipal que sólo Carlos V pudo solventar fallando a favor del cabildo catedralicio.

Como se ha comentado, el proyecto trasladaba la capilla mayor al centro del edificio. Este hecho hizo que numerosos caballeros (veinticuatro) se opusieran, ya que sus capillas perdían valor representativo. Como consecuencia, el consejo se negó a derribar las arquerías de Abd ar-Rahmán II y Almanzor, y se pregonó la pena de muerte para aquellos que participaran en el derribo. Por su parte, el obispo amenazaba con la excomunión a todo aquel que se atreviera a dar esa orden.

El Ayuntamiento intentó implicar a la Corona pero esta falló a favor del obispo por la Real Chancillería de Granada. Por lo que el proyecto se pudo llevar a cabo.

Análisis del proyecto de Hernán Ruiz I

Consideraciones previas: Ubicación.

Con todos los condicionantes que anteriormente hemos expuesto, Hernán Ruiz I «el viejo» decide utilizar la misma orientación de la antigua Catedral Vieja, hacia el Este, común en las iglesias cristianas. Se sitúa al norte de ésta, contigua, aprovechando el muro de separación de Abd ar-Rahmán II y al-Hákam II, la segunda *quibla*. Con dicha actuación demuestra el respeto que posee al monumento al querer mantener el recorrido principal islámico, Norte-Sur, hacia el mihrab desde el patio, atravesando el nártex y la capilla de Villaviciosa. Y al conservar a través de todas las naves laterales, un gran número de accesos al deambulatorio de la Catedral, sin que esto reste importancia a los accesos principales que nos llevan a la Capilla Mayor desde los brazos laterales.

Siguiendo estas decisiones ha podido acotar parte de la construcción nueva. Que se completará con la utilización del primer muro de la *quibla*, del mismo modo que se hizo con la segunda, y la aplicación de la simetría característica de estas edificaciones.

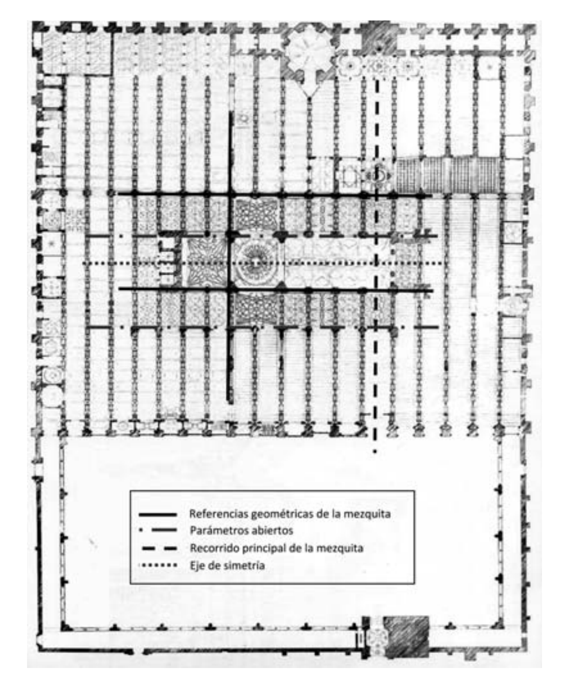


Figura. 1
Representación del ideograma de la ubicación de la catedral sobre planta de la Mezquita en su estado actual de G. Ruiz Cabrero (1985) en

Es decir, por un lado va a jugar con lo existente aprovechando un elemento muy potente, el de la segunda *quibla* y diseña una estructura nueva homogénea, con potencial de respuesta bastante menor, simétrica a ésta, configurando los límites N-S.

Por último, y no menos importante, debo de destacar la ubicación del lado Este de los brazos del crucero apoyados sobre el muro de cerramiento oriental, que Almanzor perforó para poder realizar su ampliación.

Estudio de la traza. Aportaciones

Para conocer algo más sobre la *traza* original se ha realizado una retícula que sigue las proporciones de la mezquita islámica sobre la planta actual.

Haciendo una lectura de la trama resultante se puede intuir como Hernán Ruiz I comenzó la ordenación siguiendo la dirección este. Toda la retícula es prácticamente uniforme hasta que se llega a la zona de ampliación de Almanzor en su parte sur, donde absorbe una alteración (una distancia de 20 cms de diferencia entre arcadas de una ampliación de la mezquita a otra). Esta diferencia sólo se aprecia en las dos arcadas que se encuentran en las naves laterales situadas más al sur, arriba de las capillas emplazadas en la parte posterior de la cabecera. El resto de la deformación es asimilada por el cuerpo de la cabecera siendo prácticamente inapreciable.

Las dimensiones totales de cada una de las naves que forman la catedral se adaptaron a las medidas islámicas, de modo que fuesen un múltiplo de ellas, así la capilla mayor tiene de ancho cinco intercolumnios por dos naves de longitud, la nave del crucero once por dos y el brazo mayor o coro, cinco por tres.

Los muros de cerramiento de la catedral se encuentran alineados con las arcadas islámicas así los machones que se tenían que crear para soportar las bóvedas cristianas respetaban tal linealidad, pudiendo contrarrestar los diversos empujes que se generan tanto por las bóvedas como por las arcadas.

Otra de las características de esta catedral es la diferencia que existe entre el nivel en planta y su desarrollo en altura. En planta y una vez que nos encontramos allí, la catedral se nos presenta como si el conjunto estuviera dotado de una extraordinaria simetría (siempre guardando la diferencia de medidas entre las naves por la geometría de la mezquita primitiva pues no podemos olvidar, que en cierto modo, estaba compuesta de «añadidos» de las distintas ampliaciones islámicas). Esta situación es debida a la falta de accesibilidad de la catedral dentro de la mezquita (sólo se puede acceder a ella a través de los brazos del crucero). Por lo que nos encontramos tres naves a cada uno de los lados de los brazos del crucero que resultan completamente inaccesibles para que a continuación, esta situación en ambos lados se rompa completamente.

En este caso, al hacer coincidir la sección por el eje del *mihrab* (figura 2) con la *traza*, se observa la simetría existente al tener dos «naves» de iguales proporciones a ambos lado de la gran nave central.

Fijándonos en una de ellas podemos apreciar tras una cubierta inclinada, un gran arco de descarga que se relaciona con el que aparece en las entradas laterales de los brazos del crucero a nivel epidérmico. Hecho que me hace plantearme una hipótesis, ¿pensó el proyecto Hernán Ruiz I como tres naves longitudina-

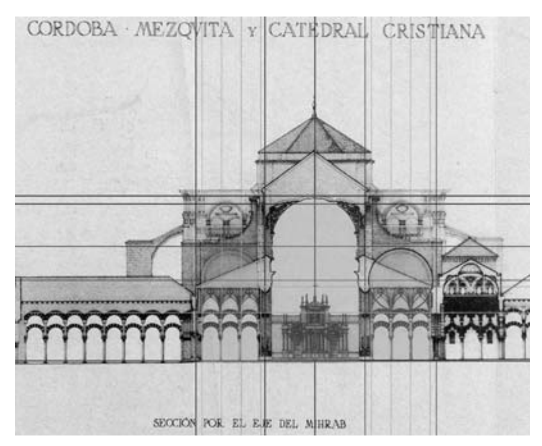


Figura 2
Sección por eje del mihrab. Se observa la relación modular y compositiva existente entre la mezquita y la catedral

les orientadas al este apoyadas en sendos muros y cubiertas cada una por una gran bóveda generada por la sección del arco anterior? ¿Las cuales no llegó a realizar por decisión proyectual al prolongar las naves perpendiculares a éstas, conservando la trama originaria de la mezquita pero empleando un lenguaje propio en las intersecciones de ambos espacios, las bóvedas de crucería?

Definición espacial y estructural

Si nos encontramos en el interior de la catedral, la interpretación que se percibe es de una cruz latina en la que las naves que la flanquean longitudinalmente realmente se transforman en pequeñas naves que acometen a la principal transversalmente (a modo de *capillas*). Estos espacios pueden leerse en conjunto longitudinalmente como una única nave, gracias a que los muros de las pequeñas naves transversales se encuentran perforados por arcos «islámicos», decisión proyectual que Hernán Ruiz I toma recuperando la trama primitiva bosque de pilares.

Esta gran cruz sólo es apreciable una vez que nos asomamos al interior de dicho espacio, tanto por el cambio de altura de las bóvedas del crucero y de la nave central como por el dominio de lo vertical, aunque tiende a romperse continuamente por líneas horizontales y sólo allí, somos conscientes de la «imposición» de dicha forma sobre el propio edificio. Esta característica se potencia con la jerarquía establecida a los accesos al recinto, siendo los principales los de los brazos del crucero que les dota de una gran riqueza epidérmica.

Dicho de otro modo, una vez configurados los cuatro muros definitorios de su orientación en planta siguiendo la dirección este-oeste, me refiero a los dos muros de la primera y segunda quibla y sus simétricos; éstos delimitarían tres espacios en planta que bien pudieran haberse correspondido con una nave central de mayor altura y dos laterales que la flanquearan, siguiendo un modelo tipológico gótico de referencia, como había sucedido en las coetáneas catedrales de Salamanca y Segovia.

En el caso de la catedral de Córdoba si esto hubiese ocurrido, todas las arcadas y las naves de origen musulmán morirían contra los muros «exteriores» de las tres nuevas naves cristianas.

A través de esta imagen, se puede empezar a entender el valor del proyecto a través de las «renuncias» que realizó al plantear una solución híbrida como veremos en la figura 5.

Un valor fundamental de este proyecto será el tratamiento de los límites, de los bordes de la intervención. La decisión del proyectista fue, en este caso, hacer permeables los muros exteriores, de manera que las naves islámicas llegan a penetrar espacialmente en los dos espacios que pudieron albergar

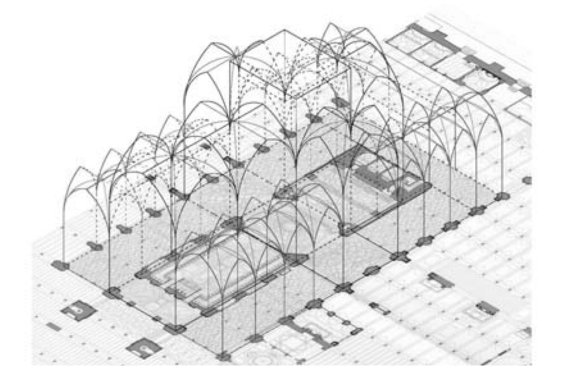


Figura 3
Referencia tipológica genérica para una catedral tardogótica de tres naves y crucero a comienzos del siglo XVI, adaptada a las condiciones de la mezquita. Realizado sobre planimetría

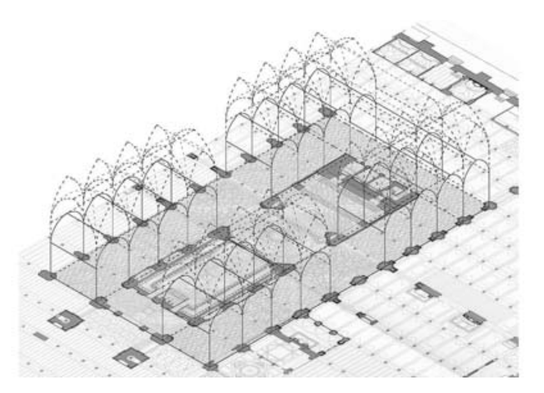


Figura 4
Sobre la referencia tipológica catedralicia anterior, en el lugar de las naves menores o laterales aparecen unos tramos reconstruidos de la mezquita con abovedamientos góticos. Realizado sobre planimetría

aquellas bóvedas laterales a las que he hecho referencia. Pero al traspasar sus límites, hace convivir ambas estructuras, reponiendo las columnas y arcadas de la mezquita, pero cubiertas y delimitadas por el lenguaje arquitectónico cristiano, con arcos de medio punto para darle acceso y bóvedas góticas como cubrición.

Así estas dos naves longitudinales que pudieron ser, paralelas a la central, se convierten en una serie de capillas transversales al coro y al altar, y que mantienen la permeabilidad espacial longitudinal que el

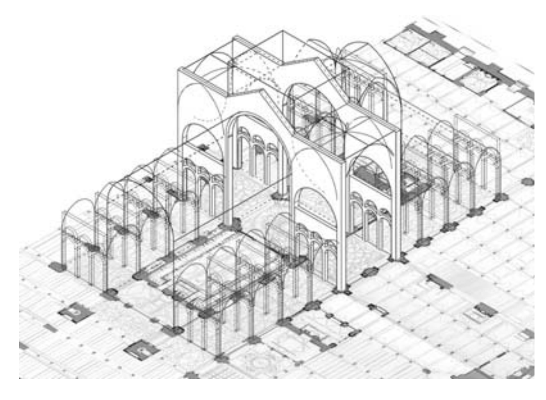


Figura 5
Hipótesis sobre el esquema tipológico espacial propuesto por Hernán Ruiz I en su proyecto de transformación de la mezquita en catedral. Realizado sobre planimetría

resto de la mezquita. Es con este punto de la actuación con el que suaviza ó tamiza la transición entre ambos mundos.

En dicha imagen (figura 5) he aceptado la hipótesis provisional de la volumetría barroca en la bóveda de cañón del coro. Esta decisión es debida al ser los muros del coro «débiles». Ya que si se hubiera planteado hacer la bóveda de piedra siguiendo una tipología gótica tendríamos necesariamente arbotantes y refuerzos en estos muros.

A través de todas estas disposiciones, Hernán Ruiz I logra una configuración espacial acorde a todas las aspiraciones y requisitos de sus promotores.

Aspectos prácticos: Demoliciones, Conservaciones, transformaciones

Trabajos de demolición

La decisión proyectual de situar la Catedral de Córdoba en el centro de la antigua Aljama trajo consigo la necesidad de plantearse una primera etapa de demolición.

Se tiene constancia que entre los meses de abril y agosto de 1523 se realizaron todos los trabajos de derribo, pero no me veo obligada a establecer una cierta cautela al describir exactamente qué se derribó.

Para ello, voy a a desarrollar dos hipótesis en función de los datos conseguidos a través de los análisis realizados sobre el propio edificio, documento en sí mismo, y los información conseguidos en las numerosas publicaciones y planimetrías, destacando el trabajo realizado por C.Ewert y J.P.Wisshak en 1981 (Nieto y Luca de Tena 1992).

La primera de ellas consiste en una demolición parcial de las estructuras precedentes de manera global, consiguiendo compatibilizar la obra con la vida activa de la ciudad, con sus fuentes de financiación. A esta hipótesis, la apoyarían todos los datos bibliográficos que recogen la visita del emperador Carlos V a la catedral que recogen cómo se encontró con un enorme hueco en el centro de la mezquita, hecho que hizo que se lamentase ante la decisión que había tomado apoyando la construcción.

La segunda hipótesis, por el contrario, radica en ir construyendo a medida que se demolía, nave a nave, para no dejar todo a la intemperie y para apear las estructuras existentes con las nuevas —con-

trarrestando sus empujes, sin riesgo de desestabilizar el edificio.

En ambos casos, los límites establecidos en el plano de vaciado vienen definidos en el lado norte y sur por la segunda *quibla* y su simétrica, a excepción de las dos lenguas que salen del rectángulo generado. Por ello en la figura 6, mediante dos colores he representado dos distintos espacios. Por un lado, de color rojizo, el lugar central que ocupa la catedral que no ofrece ninguna duda que fue demolido para su construcción y fue ejecutado por orden de Hernán Ruiz I.

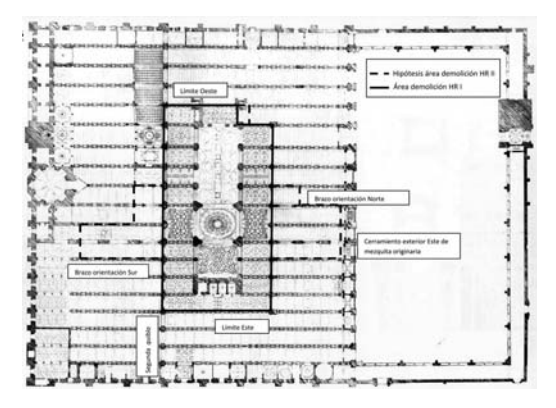


Figura 6
Hipótesis plano de vaciado sobre planta de la Mezquita en su estado actual de G. Ruiz Cabrero (1985) en

Si damos un paseo por la Mezquita–Catedral de Córdoba se puede observar varias zonas donde la unión de las estructuras islámica y gótica, no ha quedado bien resuelta.

Un ejemplo de los muchos que nos encontramos, lo hallamos en el arco de acceso de la entrada a la capilla de Villaviciosa, desde ámbito de las naves laterales de la Catedral, en la zona más orientada al oeste.

Analizando la imagen, podemos observar cómo se ha superpuesto la piedra utilizada para generar el arco de acceso, de construcción gótica, con la estructura islámica existente. Quedando totalmente sin resolver, en bruto. Con ello se aprecia la intención de no mostrarlo al público, siempre que marchemos en dirección norte-sur, desde la calle o la catedral hacia la parte islámica.



Figura 7
Detalle de la unión de dos paramentos uno islámico (de color blanco) y otro negro (cristiano) en su parte superior (foto del autor)

Otro espacio sin solucionar, lo encontramos en el muro de cerramiento que separa la parte de Almanzor con la de al-Hákam II, en uno de los arcos que se abrieron ya sobre los que se habían ejecutado por el propio Almanzor para comunicar una ampliación islámica con otra.

En este caso, se puede apreciar perfectamente y a simple vista, figura 8, como se superponen ambas estructuras quedando la columna islámica al lado del pilar nuevo e incluso, restos del comienzo del arco islámico que van a morir en el origen del otro.

Finalmente otro punto a destacar, en este caso concreto de la Catedral de Córdoba, es el trabajo de acopio de materiales que se llevó a cabo, que implicaría el esfuerzo añadido de buscar un lugar donde ubicar todos los materiales islámicos que posteriormente serían reutilizados, clasificarlos según la zona donde habían sido extraídos y eso sin que alterase en exceso, como se ha comentado, el uso propio del edificio.



Figura 8
Detalle de la unión de dos estructuras de distinta época en un mismo hueco (foto del autor)

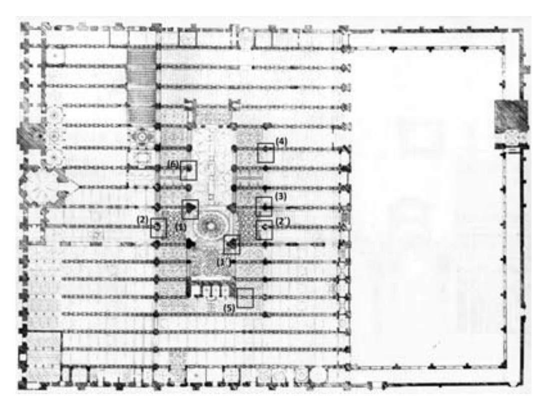


Figura 9
Tipos de pilares sobre planta actual de G. Ruiz Cabrero (1985) en (Nieto y Luca de Tena 1992)

Elementos verticales

En la Catedral de Córdoba existen varios tipos de soportes que se repiten o se asemejan a los empleados en otras iglesias que comparten el mismo estilo, lo cual contribuye a evidenciar que todas ellas obedecen a un modelo.

Los soportes que fueron utilizados en la catedral son los siguientes:

Tipo 1. Los pilares que sustentan el cimborrio, bóvedas de los brazos del crucero, las naves laterales de construcción gótica y la bóveda del coro (1) o la bóveda de la cabecera (1´). Están compuestos por cuatro en total (dos y dos). Su composición va a responder al lugar privilegiado que ocupan formando el marco arquitectónico del altar. Son uniformes tanto en altura como en proporción.

Están compuestos por un haz de columnillas de iguales dimensiones con identidad formal propia, que arrancan de una gran basa común poligonal que las envuelve a modo de faja y a partir de la cual, se van a generar las propias basas individuales de los baquetones que van a continuar en altura hasta transformarse en las líneas superiores.

La jerarquía de cada una de estas columnillas va a venir establecida por la posición adelantada o retranqueada con respecto a la basa..

Tipo 2. Los pilares que comparten su funcionamiento estructural con el muro que se genera al sustentar las bóvedas de los brazos del crucero en su orientación norte y sur, y las estructuras islámicas perimetrales. Son 2 en total (2 y 2´). Las características formales de estos pilares serán similares al tipo 4 que posteriormente se desarrollará.

Dentro de este grupo aparecerán dos tipos. El primero de ellos localizado en el brazo norte de la catedral, de dimensión mayor (2´). Al igual que ocurrirá con el tipo 4, la medida atenderá probablemente a cuestiones de diseño, pues en esa zona quedaría una distancia muy pequeña entre la extensión necesaria del pilar gótico y la próxima columna islámica, por lo que supongo que por ello se decidió absorberla.

El segundo tipo (2), localizado en todo el perímetro sur, en donde se encontraba el muro de la segunda *quibla* es de dimensiones menores.

Tipo 3. Los pilares que sustentan las bóvedas de los brazos del crucero, las naves laterales, y las estructuras islámicas perimetrales (3). Son 4 en total y deben de solucionar la diferencia de altura de las bóvedas, entre las naves laterales, de inferior dimensión que el resto.



Figura 10
Imagen pilar toral (foto autor)



Figura 11
Imagen pilar tipo 4 (foto autor)

Son muy similares a los descritos anteriormente. La única variación es que al soportar la bóveda del crucero los empujes son mayores, resultando una mayor dimensión en estos cuatro pilares de las esquinas, que se van a macizar conformando muros que van a ser perforados por arcos (tipo anterior, 2 y 2´). No podemos obviar que en el lado este nos encontramos sobre el muro de cerramiento de la primitiva aljama que Almanzor horadó y que como ya he expuesto Hernán Ruiz se apoyó.

Tipo 4. Los pilares que sustentan bóvedas laterales de construcción gótica y el resto de construcciones perimetrales, ya sean bóvedas barrocas o las estructuras islámicas perimetrales (4). Están compuestos por dieciséis en total. Ocupan los lados mayores del rectángulo que engloba a la catedral. Son uniformes tanto en altura como en proporción.

Como he mencionado en el tipo 2, dentro de este grupo aparecerán dos tipos. El primero de ellos localizado en toda el perímetro norte de la catedral, de dimensión mayor (casi un intercolumnio, si fueran de la misma proporción unos con otros).

En este tipo se cumple que al cuadrado generatriz del pilar se le van a adosar pilastras y columnas, como mínimo, las originarias de la mezquita, en cada uno de sus lados exceptuando los dos pilares que están contiguos a los brazos del crucero que probablemente debido a los empujes de éstos, necesitaron un refuerzo en transformaciones posteriores, de modo que nos encontramos dos columnas de distintos materiales, adosadas y yuxtapuestas.

El segundo tipo, localizado en todo el perímetro sur, en donde se encontraba el muro de la segunda *quibla* es de dimensiones menores. Sin embargo, en este caso, las columnas adosadas islámicas van a aparecer dobles en cada uno de los lados de la sección del muro y se le van a adosar pilastras con identidad formal propia, que van a soportar los arcos que conforman todo el límite de la zona.

Las basas correspondientes a cada pilar son de similares características, excepto por la altura, con esquinas achaflanadas envueltas por una faja que varía de dimensión en función de las pilastras adosadas a las

que se les dota de identidad formal propia. Encima de esta faja surgirán pequeñas piezas piramidales a modo de cinturones que conformaran la base de los fustes.

Es constante en todos los pilares que las columnas originarias de la mezquita se encuentren adheridas a ellos. De hecho algunas de estas columnas islámicas se encuentran bajo el nivel del pavimento e incluso varían la altura de su fuste constantemente, no podemos olvidar que eran de acarreo, de ahí sus distintas dimensiones.

Una de las características comunes a destacar de todos los pilares que conforman las *capillas* perimetrales de la catedral son su homogeneidad en altura (esto mismo ocurrirá también en las bóvedas) al igual que la utilización de un mismo lenguaje, que a pesar de las diferencias que anteriormente hemos expuesto, les dota de una cierta estandarización que confiere al recinto una gran isotropía; siendo esta una analogía con la construcción islámica.

Tipo 5. Columnas de la época de construcción (5). Son cincuenta y una en total y van a pertenecer a las distintas ampliaciones de la mezquita aunque como ya hemos visto, pueden estar situadas en un lugar distinto al que le correspondía originariamente.

Estas columnas se van a agrupar en baterías de grupos de tres arcos que previamente se desmontaron y se repusieron en la catedral continuando con la trama primitiva.

Si echamos un simple vistazo a los capiteles de dichas columnas, nos encontramos una gran variedad que nos recuerda cómo en época islámica de nuevo habían sido reutilizados de edificaciones anteriores. Comparando esos capiteles con sus fustes o sus basas, si es que las tienen, como ya hemos visto, podemos observar como no existen ningún orden estético establecido.

Tipo 6. Los adosados a muros y paramentos (6). En este caso los soportes comparten su funcionamiento estructural con los muros figurando como un engrosamiento de estos mismos. Son doce en total.

En todos los casos se cumple que se adhiere medio pilar.

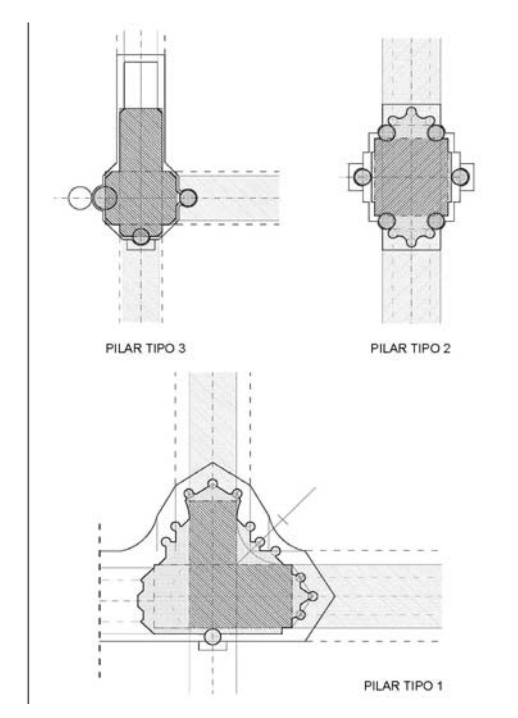


Figura 12
Configuración pilares

Elementos horizontales

Los elementos horizontales que fueron por Hernán Ruiz «el viejo» edificados en vida fueron las bóvedas del perímetro del coro y el crucero. El resto, fueron proyectados y ejecutados por su hijo, Hernán Ruiz II, las bóvedas del crucero y de la capilla mayor, y por Ochoa que concluyó el cimborrio y el coro, ya en torno al año de 1600.

En la sección longitudinal por el eje del coro (figura 13) podemos apreciar la altura hasta donde llegó la obra en 1547, año en el que falleció y su hijo Hernán Ruiz II le sucedió como maestro mayor de la catedral.

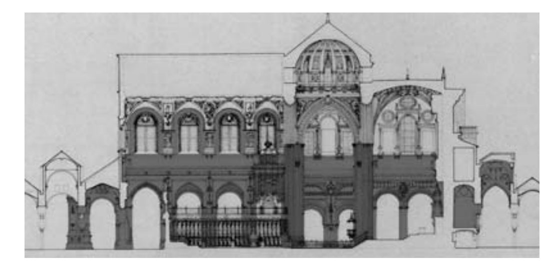


Figura 13
Sección longitudinal por el eje del coro, en donde se puede apreciar toda la extensión de la catedral, desde la cabecera hasta el nártex de los pies. Realizada sobre base de R. Moya Blanco (1973) en (Nieto y Luca de Tena 1992)

Observamos como levantó los muros del coro, y los muros del crucero hasta la altura de la cornisa.

En este punto me parece importante resaltar cómo las bóvedas de los brazos del crucero se encuentran construidas siguiendo el mismo diseño que Hernán Ruiz I ideó: bóveda de crucería sobre ménsulas en donde sigue presente la idea proyectual de las líneas horizontales que rompen con la verticalidad de los soportes.

Del mismo modo, los ventanales es una obra posterior de Hernán Ruiz II que continúo con técnicas góticas haciendo el menor daño posible a la mezquita mediante contrafuertes, reutilizando estructuras existentes...etc., como ya su padre así lo proyectó.

Enjarjes

Según la Real Academia Española, el *enjarje es el enlace de varios nervios de una bóveda en el punto de arranque.*



Figura 14
Bóveda de los brazos del crucero ejecutada por Hernán Ruiz I (foto autor)

Dicho de otro modo, es el lugar donde el muro, el arco o la bóveda, se encuentran y se identifican.

En el espacio catedralicio vamos a destacar de manera general, dos tipos de enjarjes.

Por un lado, los que encontramos en los cuatro grandes pilares que sustentan el cimborrio. Por otro, todos los muros en los que van a aparecer una serie de ménsulas que sustentan las bóvedas perimetrales estrelladas.

En los primeros de ellos, la altura de los pilares a lo largo de toda su longitud se va a interrumpir por una serie de molduras-capiteles, normalmente cuatro veces, siendo el último de ellos el punto de partida del enjarje.

En el caso de las ménsulas, éstas son el comienzo de los enjarjes. Trabajan como parte del muro como una pieza más sobre la que van a sucederse algunas otras hasta alcanzar una altura donde las hiladas horizontales van a diluirse para dejar paso a las curvas de los nervios de las bóvedas. Estas ménsulas liberan a los pilares que están bajo ellas, normalmente islámicos, de las cargas que se van a transmitir en todo el recinto.

Bóvedas

Para finalizar, nos centraremos en las bóvedas de todo el perímetro que rodea al crucero y al coro.

Las *capillas* perimetrales «virtuales» están compuestas por una bóveda longitudinal que a su vez es interceptada por otras tres bóvedas de crucería en di-

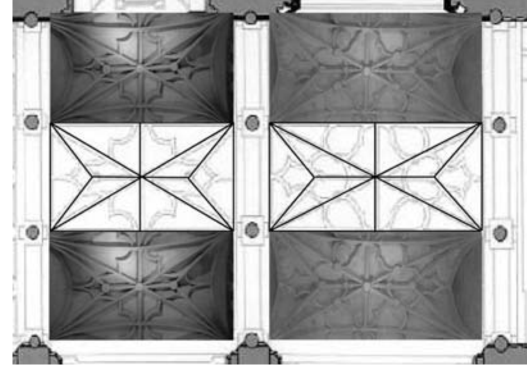


Figura 15
Configuración y esquema de trazado de las bóvedas de las capillas perimetrales

rección transversal, compuestas por diagonales, terceletes, combados y una especie de espinazo que marca la dirección principal de dichas naves. En algunos casos, este espinazo se resuelve con la propia piel de la bóveda mediante formas circulares que generan cadenas longitudinales.

Este tipo de bóvedas subdividen la superficie en numerosos campos resultando, en cada una de ellas, un gran despliegue de nervios y plementos ornamentados lo que implica, una gran complejidad formal y constructiva.

Lista de referencias

Aguilar, Rafael. 1961. «Obras en la Catedral de Córdoba durante Carlos V». *Boletín de la Real Academia de Córdoba, de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes.* Córdoba. 115-128.

Capitel, A. 1992. *Metamorfosis de monumentos y teoría de la restauración*. Madrid: Alianza Editorial.

Grabar, O. 1981. *La formación del arte islámico*. Madrid: Cátedra.

Nieto, C. y Luca de Tena, C. 1992. *La Mezquita de Córdoba: planos y dibujos*. Córdoba: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental.

Nieto, C. 1998. *La Catedral de Córdoba*. Córdoba: Publicaciones de la Obra Social y Cultural de Cajasur.

Pinto, F. 2006. «Fábrica y Forma del Templo Gótico». En *La Catedral Gótica de Sevilla: Fundación y Fábrica de la Obra Nueva*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. 209-295.

Ramírez de las Casas, L. 1866. *Descripción de la Iglesia Catedral de Córdoba*. Córdoba: Imprenta de Rafael Rojo.

Ruiz, G. 2009. *Dibujos de la Catedral de Córdoba: visiones de la mezquita.* Córdoba: Cabildo de la Catedral de Córdoba.

Villar, A. 1984. «La catedral de Córdoba». *Cuadernos de patrimonio* Córdoba: Caja de San Fernando.

El Torreón de los Guzmanes de Caleruega: del conocimiento constructivo a la lógica funcional

Smara Gonçalves Diez
Carlos Miranda Barroso

El Torreón de los Guzmanes se encuentra en el Convento de Santo Domingo en Caleruega (Burgos). De origen medieval, declarado B.I.C. en 1949, ha sufrido diversos cambios de uso e intervenciones a lo largo de su historia. La más reciente, terminada en 2009, ha tenido como objeto convertirlo en espacio expositivo. Debido a esta circunstancia se ha realizado un estudio constructivo del edificio que analiza las intervenciones documentadas, destacando la que se produjo en la década de 1950 cuando José Menéndez-Pidal redacta el proyecto para ampliar el convento-noviciado de dominicos y restaurar la torre. Las propuestas iniciales se limitaban a eliminar una campana, arreglar los paramentos y crear una plataforma escalonada en la base del edificio. Sin embargo, lo que acabaría ejecutándose transformó drásticamente su fisonomía con un recrecido en altura almenado de mampostería diferenciada y la eliminación del tejado a cuatro aguas. Este cambio de altura se acompañó de un cambio en los niveles de los forjados que dejaron de corresponderse con la lógica constructiva evidenciada en el exterior.

En esta comunicación se analiza constructivamente el edificio, las diversas configuraciones de las que se tiene constancia documental, y se pone esta información en relación con otras construcciones cercanas geográfica y temporalmente.

Los torreones de la provincia de Burgos

Evolución en el tiempo

En la provincia de Burgos se conserva un gran número de torreones. Fueron construidos entre los siglos IX y XVI respondiendo a diversas funciones, pero en todos ellos se reconocen unas sobrias proporciones prismáticas, de planta rectangular o cuadrada, y gruesos muros más o menos horadados y adornados según los gustos y necesidades de la época. Algunos de ellos rematan su silueta con almenas y otros tienen una cubierta a cuatro aguas. Existen torreones que, respondiendo a un mismo esquema en origen, han cambiado su configuración con el devenir de la historia; y hay otros que desde su construcción respondieron a funciones diversas y de ahí la diversidad de sus formas. Muchas de estas primitivas torres se han perdido, otras se reconstruyeron en los siglos XIV y XV como torres de señorío de la pequeña y mediana nobleza burgalesa.

Existen torres solitarias, otras que son protagonistas de un conjunto edificado aunque tengan adosadas construcciones de menor dimensión, y por último las que forman parte, como un volumen más, de un esquema de mayor complejidad, como sería el caso de las que están engarzadas en las murallas conformando sus puertas. En el momento de su construcción se

les da un valor utilitario, sobre todo cuando sus principales funciones son defensivas o de vigilancia. No es comparable su construcción con el esfuerzo, tanto artístico y teórico como documental, que se hacía al construir iglesias, palacios, etc.

Muchos de los castillos y torreones tienen su origen en los comienzos de la Reconquista (siglos IX y X). Se sitúan en lugares altos, difíciles de tomar, y normalmente son fortalezas que recorren los bordes escarpados de un cerro. A finales del X la recuperación progresiva de territorio por los cristianos se afianza y se crea el Condado de Castilla. En estos primeros elementos se pueden percibir influencias formales y constructivas de los musulmanes.

Cuando Castilla fija sus fronteras y ya están lejos los musulmanes, los puntos fortificados dejan de ser elementos castrenses y se convierten en centros de vigilancia y seguridad económica. En este periodo se forman núcleos —ciudades o villas— vinculados a señoríos y abadías. Los castillos y torres de los siglos XI y XII son centro de explotaciones de tipo latifundista y ocupan lugares llanos en las vegas fluviales.

En el siglo XIII se produce un gran desarrollo comercial vinculado al Camino de Santiago. En relación con la ganadería hay torres vinculadas a las cañadas, abrevaderos y pastos, y algunos lavaderos de lana están situados junto a este elemento.

En el XIV se frena la prosperidad y aparecen las luchas entre nobles. Las guerras civiles medievales propician también la construcción de estos edificios. En épocas de paz se construyen para destinarlos a vivienda. En este momento la torre es defensa, vivienda, establo y silo. Es manifestación de prosperidad económica. Tienen una clara componente defensiva, pero más que debida a situaciones de conflicto bélico, su función consiste en defender esas explotaciones agrícolas y ganaderas del asalto de los ladrones, y del ataque de otros nobles.

En el XV, con los Reyes Católicos, muchos castillos y torres fueron desmochados para disuadir a los nobles de actitudes rebeldes y reforzar así la hegemonía de la monarquía sobre la nobleza. Poco a poco se va transformando el uso original. Imitando a los monarcas, los grandes nobles crean sus cortes y se reforman castillos y torreones, convirtiéndose progresivamente en palacios.

En el siglo XVI la torre-palacio pasa a ser primordialmente una muestra de prestigio. La alta nobleza reside en la corte, ocupando puestos oficiales. La baja nobleza, sin embargo, levanta torres y las blasona con llamativos escudos como manifestación de prestigio. Se construyen con escasos recursos económicos y con función palaciega por lo que los caracteres defensivos desaparecen o se indican simbólicamente. A veces los aspirantes a caballeros sitúan sus escudos en torres y falsean expedientes indicando que el escudo estuvo allí desde tiempo inmemorial.

Desde el siglo XVII estos edificios sufrieron abandono. Al perderse la forma de vida «señorial», y con el paso del tiempo, muchos de estos torreones quedaron en desuso, deteriorándose paulatinamente. Otros se reconvirtieron en vivienda o almacén de agricultores, adosándoseles caserío.

En el XIX, por las luchas con los franceses y entre carlistas e isabelinos, se reconstruyeron en parte algunos de estos elementos. Estos hechos también provocaron la destrucción de otros.

Los torreones han sufrido en los últimos tiempos malos tratos similares a otros edificios histórico-artísticos: absoluto abandono, extracción y traslado de materiales (eliminación de sillares), reutilizaciones agresivas (depósitos de agua, antenas de televisión) o restauraciones destructivas. Gracias a que algunos se reutilizaron como almacén o vivienda agrícola, aunque sufrieran alteraciones necesarias para esa nueva función, se han conservado hasta nuestros días.

Características tipológicas

Existen básicamente tres tipos de torres cuyas características se derivan de la evolución de la sociedad, de la situación política y de los sistemas económicos: castillo, torre y casa fuerte. Estos esquemas no llegan hasta nuestros días de una forma pura, pues en el proceso evolutivo a veces se construyen edificaciones nuevas o se adaptan las preexistentes.

El castillo es un volumen o un conjunto de volúmenes más o menos complejo con una finalidad militar. En la Alta Edad Media el castillo más simple, formado sólo por la torre, jalonó las fosas de los ríos durante el avance repoblador. Está colocado en lugar inaccesible, y desde allí se otea y se afrontan ventajosamente los ataques enemigos. La construcción de elementos más potentes deriva en el castillo-fortaleza que consiste en un conjunto de edificaciones fuertes internas y una muralla que las rodea.

La torre se caracteriza por que pierde el carácter militar a medida que la Reconquista se aleja. Se mantienen funciones de vigilancia ocupando cerros junto a los pueblos. A partir del XIV ocupan la llanura por ser centro de mayorazgos. Mantienen formas externas defensivas (foso, contrafoso y puente levadizo) por los ataques de ladrones o las luchas con otros nobles por el poder económico. La torre se convierte en símbolo de estatus.

La casa fuerte es, en general, una construcción más modesta que la torre. Tiene como finalidad servir de vivienda, silo y, en caso necesario, de defensa. El acceso se produce en planta baja. Suelen estar construidas con mampostería y sin almenas ni torrecillas. Muchas poseen escudos.

Los monasterios suelen tener una torre de vigía que forma parte del conjunto de edificaciones. Desde la reforma cluniacense el monasterio español es plenamente feudal, así que estas torres pueden responder a los mismos esquemas que hemos visto previamente. Algunas veces se fortificaban las torres de las iglesias, como en Gumiel de Mercado y Aranda de Duero.

Características formales

Las torres son prismáticas, de base rectangular de lados entre 10 y 15 metros. En un principio la altura de las torres coincidía con el lado de su base, con el tiempo se ganó en altura siendo esta más del doble del lado de la base. Los muros son gruesos, en general entre 1,5 y 3 metros. Disminuye su espesor en cada piso en la cara interior, sirviendo este escalón como apoyo de los forjados. Se realizan con sillarejo o con sillar y mampuesto.

El acceso originalmente estaba a la altura del primer piso, al que se entraba por un patín arrimado a la pared. Posteriormente aparecen accesos a ras del suelo que se generalizan a partir del Renacimiento. Los vanos son pocos, pequeños y con escasos elementos ornamentales hacia el exterior. En el interior aumenta la sección del hueco, vinculando a veces elementos estanciales como bancos. En ocasiones existen modillones en la fachada que pudieron servir para el apoyo de balcones. En las aristas pueden aparecer torrecillas cilíndricas que tuvieron un origen defensivo en los castillos y tendieron hacia la ornamentación en torres y casas fuertes.

La cubierta puede estar resuelta con terraza o con tejado a cuatro aguas. La terraza está rodeada de almenas, se asocia al uso militar y defensivo y por ello aparece en castillos y torres. En palacios-torres levantados tardíamente se utiliza el tejado a cuatro aguas, a veces simulando que se apoya sobre almenas, con formas similares pero con proporciones distintas de las que hubiera necesitado un uso defensivo.

El Torreón de los Guzmanes de Caleruega hasta finales del siglo XX

Ubicación y entorno

Parece ser que el origen de la población de Caleruega fue una explotación de cal y su economía se consolidó basada en la agricultura y la ganadería. Caleruega aparece ya mencionada en documentos en el año 1062. Es el lugar de nacimiento de Santo Domingo de Guzmán y Aza en 1170, a cuya casa se supone asociado el torreón actual. Desde el siglo XIII tuvo mercado. En 1266 Alfonso X funda el convento y cede la villa a las religiosas de Santo Domingo, y en adelante la abadesa pasa a ser la señora del pueblo. El pleito entre los vecinos y el convento por la jurisdicción del pueblo se prolonga hasta comienzos del siglo XVI.

Caleruega se halla situada en terreno llano. La torre, desde su construcción, se vincula a las funciones de vigilancia de la explotación de las tierras de alrededor y no a funciones defensivas. Del mismo modo puede vigilar el paso del ganado por las cercanías y de las gentes que acuden al mercado semanal.

El Torreón de los Guzmanes hasta mediados del siglo XX

La torre pudo ser construida en el siglo XII, aunque la primera constancia documental de su existencia la tenemos en el siglo XIII. Se cree que el torreón formaba parte de la casa solariega de los padres de Santo Domingo de Guzmán, sobre la que luego se fundaría el convento. Es evidente el trabajo de maestros mudéjares en la edificación por la geometría de su volumen y por el ajimez con arquillos de herradura. Originalmente tenía una planta menos y las alturas libres eran mayores. Desde la segunda planta se acce-

día a un cadalso de madera, y se remataba con una cubierta a cuatro aguas.

Algunos autores, como Inocencio Cadiñanos afirman que los canes están equivocados sobre las puertas de salida al cadalso, que debían estar debajo de estas para sujetar el suelo de madera, y que se debe a una mala restauración previa. Esto podría ser así, pero existen en la provincia esquemas similares en otros torreones con los canes por encima de la puerta del cadalso, como el Castillo de los Velasco de Espinosa de los Monteros. Es posible suponer que la torre de Caleruega tenía una galería que colgaba de estos canes y se apoyaba en el escalón del muro.

Hasta mediados del siglo XVIII el torreón se utilizó como granero del convento. Para este uso sólo era necesario un acceso, por lo que se cegaron otros huecos previos. Posteriormente continuó siendo una construcción auxiliar del convento, con otros elementos añadidos. A mediados del siglo XX su posición en el conjunto del convento se modifica: de delimitar un lateral del patio pasa a quedar exento con las demoliciones de los añadidos y la ampliación y configuración del actual jardín. En el B.O.E. de 5 de mayo de 1949 el torreón fue declarado Bien de Interés Cultural.



Figura 1
Imagen del torreón en torno a 1920

Segunda mitad del siglo XX

El libro *Caleruega: cuna de Santo Domingo de Guzmán* se publicó con la intención de dar a conocer el lugar de nacimiento del santo y recaudar fondos para ampliar el convento y restaurar la torre. En él podemos ver fotos y dibujos del estado de la torre en aquel momento, y los planos del proyecto inicial para la remodelación del conjunto realizadas por el arquitecto José Menéndez-Pidal.

La altura de la torre en ese momento es de unos 16 o 17 m. Se apoya sobre el terreno, que es irregular, y se aprecia descarnamiento de los cimientos con la bajada de la cota del jardín. Una ligera modificación del plano del suelo permite llegar en rampa hasta el acceso. La puerta de acceso tiene un arco ligeramente apuntado. A los lados de la puerta no existen escudos. Las puertas de salida al cadalso están parcialmente tapiadas. La fábrica está ligeramente deteriorada, y el perfil de sus aristas se ve irregular. La cubierta es un tejado a cuatro aguas. Sobre la cubierta, en el eje de la puerta de acceso, existe una campana.

En el proyecto de ampliación del convento se indica que el criterio seguido en la restauración «se ajusta a las demandas de Caleruega y sus monumentos históricos. Todo lo que estaba previamente allí ha



Figura 2
Estado del Monasterio de Santo Domingo de Caleruega antes de la reforma de José Menéndez-Pidal (Carro 1954, 22)

sido utilizado, y lo que estaba dañado, especialmente si poseía valor artístico e histórico, será restaurado».[1] Las actuaciones sobre la torre consisten fundamentalmente en:

— Arreglar sus paramentos perfilando perfectamente sus aristas.
— Resolver el suelo donde apoya la torre creando una plataforma escalonada alrededor.
— Mantener el tejado, eliminando la campana.

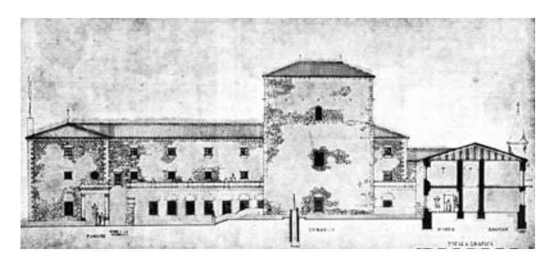


Figura 3
Proyecto inicial de remodelación del Monasterio de Santo Domingo de Caleruega. Alzado sur de la torre

En 1952 se iniciaron las obras de ampliación y restauración del convento. Lo que realmente es hoy la Torre de los Guzmanes de Caleruega difiere del proyecto inicial de ampliación y restauración del convento básicamente en cuatro aspectos:

– El arco de acceso apuntado se mantenía en proyecto; finalmente se sustituyó por uno de medio punto ante las evidencias de que no era el original.
– En el proyecto la fachada principal se mantenía sin escudos; en la obra se añadieron dos a los lados de la puerta de acceso.
– Inicialmente la altura de la torre se mantenía; posteriormente se decidió recrecer unos tres metros su cuerpo superior, de tal forma que antes los canes se encontraban a la mitad de altura de este cuerpo, y después de la obra quedaron a un tercio. Este recrecido se percibe perfectamente por el cambio de material del paramento.
– Al subir la altura de la torre fue necesario eliminar la cubierta a cuatro aguas y la torre quedó finalmente rematada por almenas.

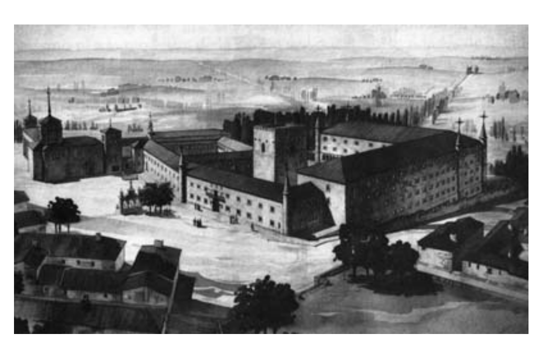


Figura 4
Evolución del proyecto de remodelación del Monasterio de Santo Domingo de Caleruega



Figura 5
Proceso de las obras en los años cincuenta. Eliminación de la cubierta de teja

Podemos encuadrar estas actuaciones en el marco de la escuela «restauradora», que dominó durante la dictadura, siguiendo unos criterios de monumentalidad y propaganda. Así se buscó el esplendor deseado para el pasado de la torre: escudos, almenas, mayor altura,... Suponía además, no sólo un engrandecimiento de la historia, sino también de la tradición cristiana española, ensalzando la cuna de Santo Domingo de Guzmán. Con estas actuaciones también se pretendía reforzar la antigüedad del monumento, y es el motivo —más que la eliminación de elementos extraños— de que se sustituya el arco apuntado de la entrada por otro de medio punto propio del románico.

Intervención de 2006

Estado anterior a la intervención

La torre tiene una base rectangular en sentido este-oeste, de unos 15 × 9,5 m de lado y una altura de unos 20 m. Los muros son de hasta 2 m de espesor. Volumétricamente se distinguen dos cuerpos. El cuerpo bajo de la torre tiene una ventana geminada sobre la puerta de entrada. El superior está retranqueado unos 30 cm en todo su perímetro y tiene un hueco centrado en cada fachada. En los muros exteriores se conservan los canes de piedra del cadalso.

Interiormente tiene cuatro pisos y está perdido un sótano abovedado que sirvió de bodega (Cadiñanos 1987, 110). En el exterior una plataforma escalonada rodea la base de la torre. La puerta de ingreso se encuentra a 1,5 m sobre la cota del suelo actual, configurada por un arco de medio punto y flanqueada por los escudos de los Azas y Guzmanes. La planta baja sólo tiene el hueco de acceso. En el primer piso destaca el ajimez con arquillos de herradura, y dos saeteras en el paramento enfrentado, con pronunciado derrame interno bajo arcos rebajados. En el segundo piso, en cada fachada, hay una puerta de salida al cadalso perimetral desaparecido, y sobre ellas unos canes repartidos por todo el perímetro exterior. Existe un tercer piso sin ningún vano, y sobre él la terraza almenada. La salida a la terraza se resuelve con unos torpes volúmenes.



Figura 6
Estado exterior del torreón a principios del siglo XXI. Imagen de los autores

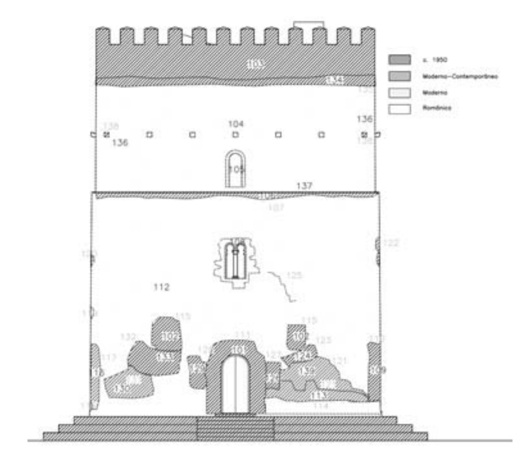


Figura 7
Imagen del estudio arqueológico realizado por Javier Quintana López en 2005

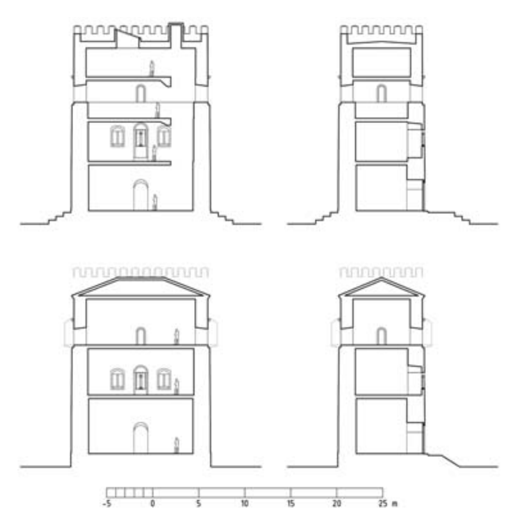


Figura 8
En la parte superior se muestran dos secciones de la situación de la torre a finales del siglo XX. La posición de los huecos no es adecuada para el tamaño de una persona sobre los forjados. En la parte inferior se esquematizan las proporciones que la torre tuvo hasta mediados del siglo XX, con la situación original de los forjados que facilitaban una relación adecuada entre las personas y los huecos. Se sugiere la galería perimetral que se perdió en el XVIII. La altura actual de la torre se marca a puntos para definir el recrecido de los paños de fachada de la segunda mitad del siglo XX. Se han proyectado esquemáticamente las saeteras de la fachada opuesta al ajimez. Imagen de los autores

Sobre los criterios de actuación

Previamente a la intervención en el torreón, se plantea una reflexión sobre varios aspectos:

1. Conveniencia o no de la conservación del basamento escalonado, que se consideró necesario al bajarse la cota del suelo sobre el que se apoyaba la torre. Esta plataforma ofrece una imagen de pedestal que altera la relación del edificio con el plano del suelo.
2. Consideración de las modificaciones y añadidos de los años cincuenta: posibilidad de recuperación del arco ojival de entrada (que en aquella intervención se consideró un añadido que sustituía a un arco anterior de medio punto), eliminación de los escudos, recuperación del tejado a cuatro aguas o mantenimiento de la actual imagen con almenas.
3. Interés de la recuperación de la cota original de los forjados, para facilitar la relación usuario-vano, o de la conservación del mayor aprovechamiento actual con cuatro plantas.
4. Pertinencia de la demolición de los paños de muro recrecidos (que se perciben en la diferencia de material) o mantenimiento de la altura de la torre que permite un mayor volumen.

El problema más interesante y representativo a la hora de pensar en la intervención en el Torreón de los Guzmanes es el de su remate superior. Sabemos que hace cincuenta años el edificio era sensiblemente más bajo y tenía una cubierta a cuatro aguas. Está documentado que estas almenas se añadieron en ese momento tomando como referencia las de las murallas de Ávila. Pero debemos considerar la preferencia popular por un torreón almenado frente a un torreón con cubierta a cuatro aguas, y especialmente importante es que el torreón con almenas forma parte desde hace más de cincuenta años de la memoria vital de los habitantes de Caleruega.

Objetivos de la intervención

Se plantea una intervención con un impacto mínimo en la imagen del torreón y fácilmente diferenciable de la construcción histórica. El objetivo es permitir un uso museístico del edificio a la vez que se busca poner en relieve sus cualidades arquitectónicas que se han venido perdiendo a lo largo del tiempo. La adecuación del torreón desde el punto de vista arquitectónico se basa en recuperar aspectos como el de implantación del edificio en el entorno con un nuevo basamento y acceso al mismo, así como en la recuperación del número original de plantas. En cuanto a los materiales a emplear, el criterio es sustituir las intervenciones agresivas —forjados de hormigón empotrados en la fábrica, reconfiguración de huecos— por elementos más compatibles con las características constructivas y tipológicas originales: forjados y escaleras de madera y muros originales. Se propone la recuperación del remate superior del edificio con la disposición de una sala en la última planta, de cubierta a cuatro aguas, que permite completar el espacio de exposición y el acceso al almenado que se mantiene para la contemplación del paisaje. De esta forma no se altera una imagen que ya pertenece al recuerdo colectivo. Se procede a la recuperación de los lienzos interiores de los muros, para lo cual se eliminan los revestimientos de yeso y posteriormente se rejunta y limpia la fábrica. Al exterior también se ejecuta la limpieza y rejuntado de las superficies murarias, manteniendo en lo posible las juntas existentes.

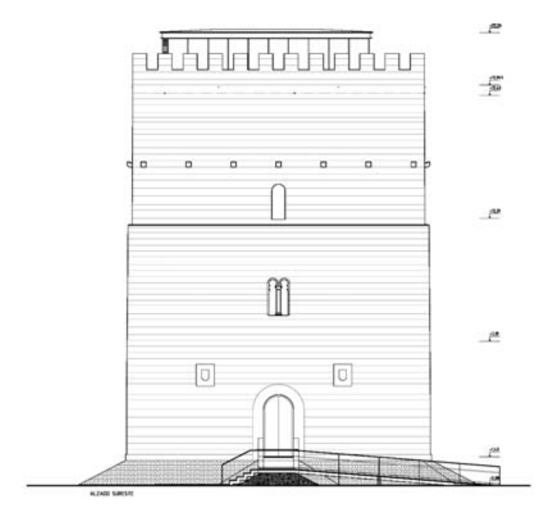


Figura 9
Alzado principal del proyecto. Dibujo de los autores

Tratamiento de los accesos

Se proyecta un conjunto pasarela-escalera de madera de acceso a un tramo de rampa que apoyado sobre el basamento del torreón —configurado como un talud seminatural de adoquín y vegetación— da acceso a la puerta de entrada. Pretende esta actuación recuperar la idea de arranque natural del torreón del plano del suelo que se perdió en la restauración de los años cincuenta al bajar la cota del patio.



Figura 10
Tratamiento de accesos y arranque del torreón. Imagen de los autores

Forjados

Se ejecutan los nuevos forjados y zancas de escalera en madera laminada encolada con apoyos en los muros a partir de llantas de acero galvanizado. Los forjados se conforman con dos tableros contrachapados separados por rastreles, de forma que se permita el paso de las canalizaciones de las instalaciones. En la planta de acceso el acabado es de losas de cuarcita en gran formato. En la terraza de la planta superior se disponen tablones de madera de iroko, resistentes al exterior sobre estructura de madera.

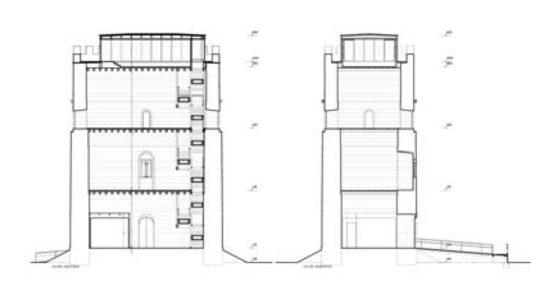


Figura 11
Secciones en las que aprecia la recuperación de la adecuada correspondencia entre las cotas de los forjados y los huecos. Dibujo de los autores

Cubierta

El remate superior del torreón se proyecta mediante la disposición de un elemento ligero a modo de caja re-

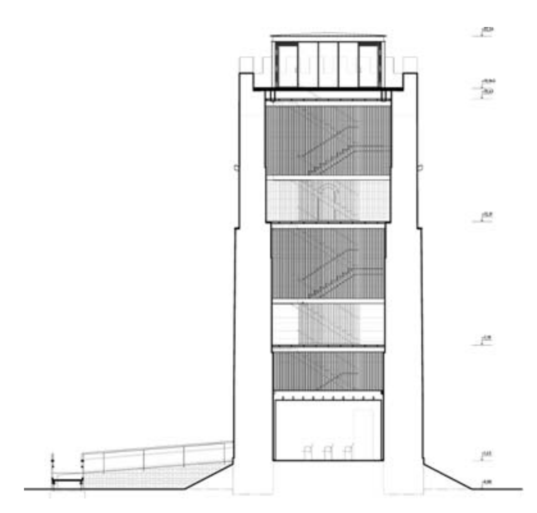


Figura 12
Sección con vista de la nueva escalera interior. Dibujo de los autores



Figura 13
Interior después de la intervención de 2006. Imagen de los autores

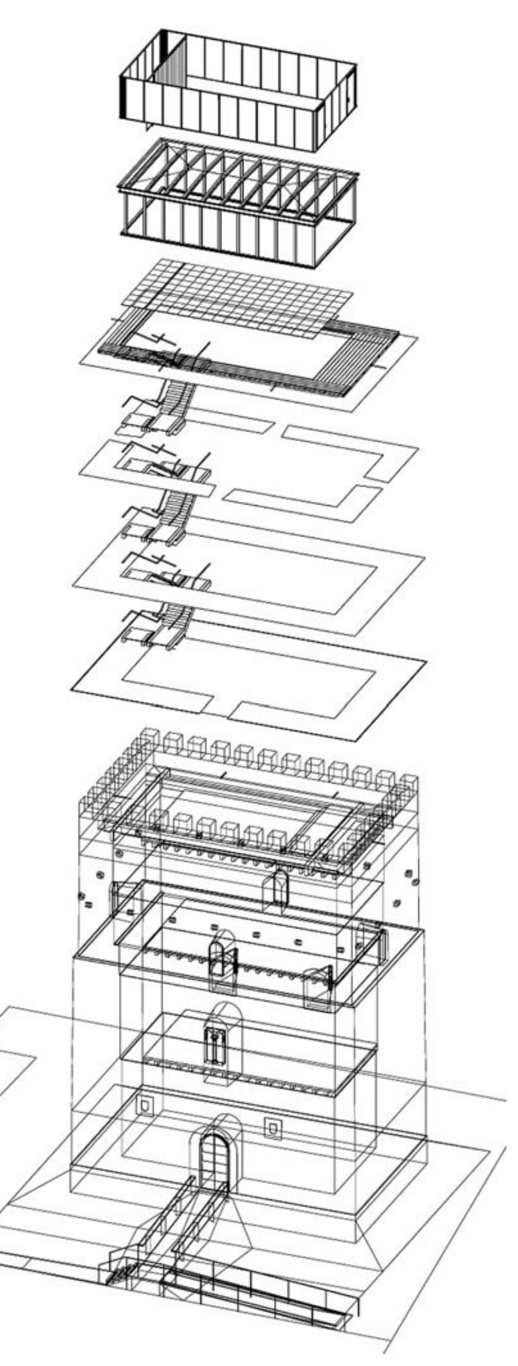


Figura 14
Perspectiva esquemática que resume el conjunto de las intervenciones realizadas. Dibujo de los autores

tranqueada del perímetro del edificio al objeto de minimizar su impacto visual desde el exterior. La cubierta de la sala se resuelve sobre estructura metálica de perfiles metálicos de pequeña sección, apoyada sobre vigas de madera laminada encolada. Los pórticos de acero galvanizado son el soporte de las capas de cubierta con acabado en tablero contrachapado fenólico visto. Con esta recuperación de una cubierta a cuatro aguas superior se restituye a la vez la función de lugar de observación que en un principio tuvo la torre.

CONCLUSIÓN

El torreón ha vivido diversas fases y funciones a lo largo de su historia: elemento auxiliar de casa sola-



Figura 15
Recuperación de cubierta a cuatro aguas y de la función original de observación, a la vez que se respetan las almenas añadidas de Menéndez-Pidal que ya forman parte de la memoria del monumento y de los habitantes del entorno. Imagen de los autores

riega con funciones de vigilancia, silo de grano del convento, elemento simbólico que resemantiza un pasado noble y católico y, por último, sala de exposición. La evolución de su utilización funcional ha condicionado la lógica constructiva de las intervenciones llevadas a cabo, de manera que el carácter constructivo de la intervención y el uso, funcional o simbólico, asociado han estado estrechamente vinculados. En la última intervención se ha pretendido recuperar la lógica constructiva y funcional interna del monumento, como la adecuación de cotas de forjados y huecos, y, a la vez, respetar aquella evolución exterior que ya forma parte del imaginario colectivo y de la memoria de los habitantes de Caleruega y de tantos religiosos que han vivido durante un tiempo en este entorno.

Notas

1. Traducción de los autores.

Lista de referencias

Bernad Remón, Javier. 1989. *Castillos de Burgos*. León: Ediciones Lancia, S.A.

Cadiñanos Bardeci, Inocencio. 1987. *Arquitectura fortificada de la provincia de Burgos*. Burgos: Diputación Provincial de Burgos.

Carro, Venancio D. 1954. *Caleruega: Birthplace of Saint Dominic de Guzmán*. Roma: Convento Santa Sabina.

Casillas García, José Antonio. 2007. *El convento de Santo Domingo de Caleruega: 50 años como foco de dominicanismo*. Salamanca: Editorial San Esteban.

Quintana López, Javier. 2005. *Intervención arqueológica en el Torreón de Los Guzmanes (Caleruega, Burgos)*. Informe inédito depositado en el Servicio Territorial de Cultura de la Junta de Castilla y León en Burgos.

Miranda Barroso, Carlos, Leonardo I. González Ferreras, y Smara Gonçalves Diez. 2006. *Proyecto básico y de ejecución de obras de adecuación del Torreón de los Guzmanes*. Informe inédito depositado en el Servicio Territorial de Cultura de la Junta de Castilla y León en Burgos.

Los sistemas de estribado de las bóvedas tabicadas del hospital de Sant Pau Barcelona: tirantes, zunchos y pórticos

José Luis González
Albert Casals
Claudia Sanmartí
Belén Onecha

Tal como ya ha quedado expuesto en líneas generales en un trabajo anterior (Casals, González, Onecha, Sanmartí, 2011), Domènech i Montaner concibió la totalidad de la arquitectura del hospital de San Pablo Barcelona resolviendo todos los elementos estructurales horizontales por medio de una amplísima tipología de bóvedas tabicadas. La infinidad de empujes horizontales generados por las mismas, se contrarrestaron por medio de un complejo atarantamiento perfiles de acero totalmente camuflados en la obra de fábrica de ladrillo.

La configuración general de los perfiles ya era conocida a grandes rasgos mediante algunas prospecciones realizadas a lo largo de los años o bien mediante la lectura de el amplísimo número de planos de obra que se conservan en el archivo del hospital. Sin embargo, el conocimiento de todo ellllo no superaba el calificativo de general ni había sido objeto de estudio específico.

El proceso de reúso, recalificación y restauración que se está llevando a cabo en el hospital ha obligado, mediante el procedimiento más cierto, las calas, a documentar con la máxima precisión todo lo desconocido hasta el momento. La primera conclusión es que la complejidad real de todos los sistemas es mucho mayor que la supuesta hasta el momento.

La presente ponencia tiene por objetivo explicar el conjunto de soluciones aplicadas en dos de los edificios: el pabellón de San Manuel y el pabellón de Administración en los que se comprueba que el sistema se basa en tirantes, pero especialmente en zunchos y grandes pórticos metálicos, algunos de ellos de extremada complejidad.

Por la lógica limitación del espacio utilizable, no es posible repetir todo lo dicho en el trabajo citado anteriormente, que sería la mejor manera de introducir el contenido de la presente ponencia. Para que el lector que no pueda disponer de aquel documento pueda contextualizar los contenidos de éste se incorporan algunos párrafos del anterior referentes a los aspectos más significativos.

Antecedentes

Domènech i Montaner ganó la polémica científica y batalla ideológica que precedió el encargo y desarrolló el proyecto del nuevo hospital sumando las dos iniciativas privadas, Santa Creu y Sant del Pau siguiendo al pié de la letra todos los criterios que él mismo había publicado anteriormente que, sin duda, respondían a los criterios médicos aceptados en aquel momento.

En la extensa memoria justificativa del proyecto se encuentran más de 300 referencias a otros hospitales europeos y se argumentan la distribución en pabellones aislados para enfermos separados por un espacio equivalente a vez y media su altura, los criterios de insolación y orientación, la ventilación natural, junto con el efecto positivo de la luz natural sobre los enfermos.

Si bien el proyecto general previó más de 30 edificios, Domènech sólo proyectó, el gran pabellón de administración, ocho pabellones de enfermería aislados y pocos más. La dirección norte-sur marca el eje vertebrador de los pabellones y éstos orientan sus ejes en el sentido este-oeste con tal de alcanzar la mayor diferencia de temperaturas entre las caras sur y norte con tal de forzar la ventilación cruzada natural.

Descripción básica de los dos edificios objetos de estudio

El pabellón de Administración

El edificio consta de tres cuerpos, central, oeste y este (figura 1). Estos dos llegan hasta el límite del solar rematando sus extremos con unos potentes cuerpos paralelos a las calles. El edificio se divide en planta semi-sótano, planta baja, planta primera, planta segunda y planta buhardilla. La sección del edificio no es constante, ya que se van alternando dobles y triples espacios para crear grandes salas representativas.



Figura 1
Vista aérea del Pabellón de Administración. (AHSCSP)

El pabellón de San Manuel

El edificio consta también de los mismos tres cuerpos (figura 1). La sección transversal del cuerpo central, constante en toda su longitud, nos muestra una planta sótano de unos 4 metros de altura y una planta baja y una planta alta de una altura de más de 6 metros en las que se ubican las dos grandes salas de enfermería, dotadas, en consecuencia, de un gran volumen de aire, cuestión clave el diseño. El edifico se remata con una cubierta a dos aguas sobre un muy amplio desván ventilado. Figura 6



Figura 2
Vista aérea del Pabellón de Sant Manuel. (AHSCSP)

La configuración constructivo-estructural: la bóveda tabicada omnipresente

Todos, absolutamente todos, los espacios grandes y pequeños de los dos pabellones se cubren mediante bóvedas tabicadas que o dan soporte a los suelos de las salas superiores, o a los suelos de los desvanes bajo cubierta, es decir, siempre de una manera u otra constituyen el 100% de todos los elementos horizontales de todos los sistemas estructurales de todos los edificios del hospital.

Sin embargo, la apariencia de todas las fachadas del conjunto de todos los edificios se basa en las paredes de carga de obra de fábrica de ladrillo cerámico visto, sin ningún tipo de resaltes, contrafuertes o elementos.

El procedimiento general de estribado o contrarresto de empujes

Ya en la memoria redactada por Domènech i Montaner, queda claramente definido el papel que se da a un sistema de zunchos metálicos que queda oculto en

el grueso de los muros, que contrarrestan los empujes de las bóvedas y a la vez:

> Constituye una correa inquebrantable que interrumpe cualquier movimiento que en sentido vertical tienda a quebrantar la construcción y parte con igualdad las cargas de los muros desequilibrados por los rompientes de huecos de puertas y ventanas, por las desigualdades del terreno o de las cargas sobre el mismo Una larga práctica en su uso acredita su indiscutible bondad. (Memoria, s.d. AHSCSP, 206)

Pero en este proyecto, Domènech no solo utiliza sistemas habituales en la época, sino que también apuesta por innovar, tal y como cita en la Memoria se ha estudiado una forma y estructura especial y nueva.

Y esta voluntad de innovación tecnológica, que conlleva un cierto riesgo, queda reflejada en el Pliego de condiciones, donde el Capítulo V: Herrería de armar, tiene numerosos apartados destinados a asegurar la eficacia de las estructuras diseñadas. En el apartado c del artículo 5, cita:

> De los encinchados anteriores en que lo juzgue conveniente la Dirección de las obras, se harán ensayos previos antes de encargar el conjunto de su construcción; al efecto se adelantará en el pabellón que disponga aquella las obras necesarias, y se harán los ensayos sobre el natural. Por los resultados de estos ensayos o por cualquier causa que juzgue conveniente la Dirección de las obras, substituirá en parte o en todo los encinchados por formas armadas Dión o de otro sistema, mediante la aplicación de precios correspondientes del presupuesto (Pliego 1905, página XI).

En este Pliego van apareciendo numerosos apartados donde se especifica la técnica de ejecución, la posibilidad de añadir elementos no previstos en los planos, las condiciones que deberán satisfacer los materiales y su mano de obra, etc. Y en el artículo 50, donde especifica la ejecución de la herrería de armar, vuelve a detallar en el apartado m los ensayos que se podrán hacer para garantizar el buen funcionamiento de la estructura diseñada expresamente para el edificio:

> De los encinchados verticales y de todos los sistemas que por ser procedimientos nuevos o poco usados no haya la práctica que la Dirección juzgue conveniente, se harán los ensayos de que habla el artículo 5º, párrafo c, a costa del contratista, adelantado la parte de construcción en que hubieren de hacerse, por ejemplo, el extremo de poniente del pabellón de dos pisos para los encinchados verticales, con sus arcos o bóvedas dobleras y arcos de cubierta, los que se sobrecargarán con sacos de arena o tierra o por otros procedimientos, según las instrucciones de la Dirección (Pliego 1905, página XL).

Y parece ser que efectivamente el constructor al que fueron asignados los trabajos en una primera época, Francesc Vilagut, no tenía la práctica que la Dirección juzgara conveniente, ya que en las certificaciones aparecen unas partidas realizadas por otros contratistas como Salvador Grau y Hno. y José Perpiñá que se describen como Jornales invertidos en el arreglo de los cinchos de las bóvedas. (AHSCSP Inventario 7).

Para la ejecución de estas estructuras, Doménech y su equipo de trabajo realizaron gran cantidad de planos y detalles constructivos, especificando incluso en número de tornillos. El resultado es, como ya se ha dicho, un complejo sistema de tirantes, zunchos y pórticos metálicos, que sin embargo ya fueron diseñados para permanecer ocultos en el interior de los muros

El estribado del pabellón de Administración

En la figura 3 se presentan mediante la transparencia de todos los muros verticales el conjunto de todas las bóvedas que con complejos intradoses decorativos de muy diversos tipos cubren todos los espacios del pabellón de administración.

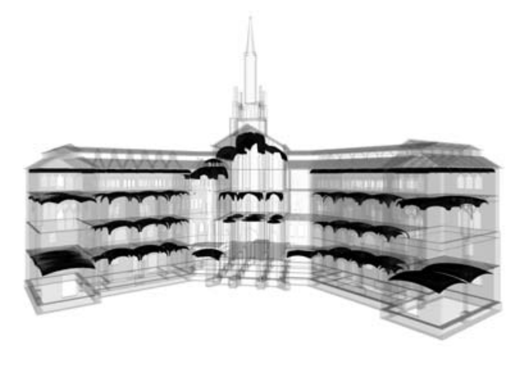


Figura 3
En sombreado el conjunto de todas las bóvedas del Pabellón de Administración. Realizado por Pau Majó i Codina, ONL arquitectura

En este edificio, las cerca de 115 bóvedas que lo conforman tienen su propio sistema de zunchado. En algunos casos se trata de simples correas horizontales que circundan la bóveda, en otros aparecen elementos verticales que apoyan sobre pilares, bajo cubierta se encuentran los complejos tirantes de las bóvedas inferiores, el salón de actos se cubre con bovedillas curvas etc. La extensión de este artículo no permite la descripción de todos estos elementos, de modo que se detallará únicamente las tipologías de zuncho que se encuentran en los cuerpos extremos.

En los dos extremos laterales sitúan los cuerpos rectangulares de unas dimensiones de aproximadas de 8,7 × 17,4 m. La planta baja se cubre mediante dos pares de bóvedas de 8,7 m de lado. Sobre ella se sitúan en dos grandes espacios a doble altura, en el lado derecho la antigua biblioteca ahora desmantelada por el cambio de uso, figura 4. Este gran espacio es la suma de dos espacios de planta cuadrada separados por un gran arco que aparentemente reposa en dos columnas y éstas a su vez en dos grandes ménsulas.

En la documentación de archivo, este espacio está perfectamente documentado con numerosos planos. Uno de los primeros, anterior a la descripción de la estructura metálica, es un detallado cálculo por estática grafica de las cargas que soportan los muros y del empuje horizontal que generan las bóvedas (figura 5). Cumplimentando este boceto, también se encuentra un cálculo a mano de los pesos a tener en cuenta y de la resultante de componente horizontal que deberá ser contrarrestado por tirantes metálicos.



Figura 4
Vista de las bóvedas de la Biblioteca en uno de los cuerpos extremos. (J. L. González)

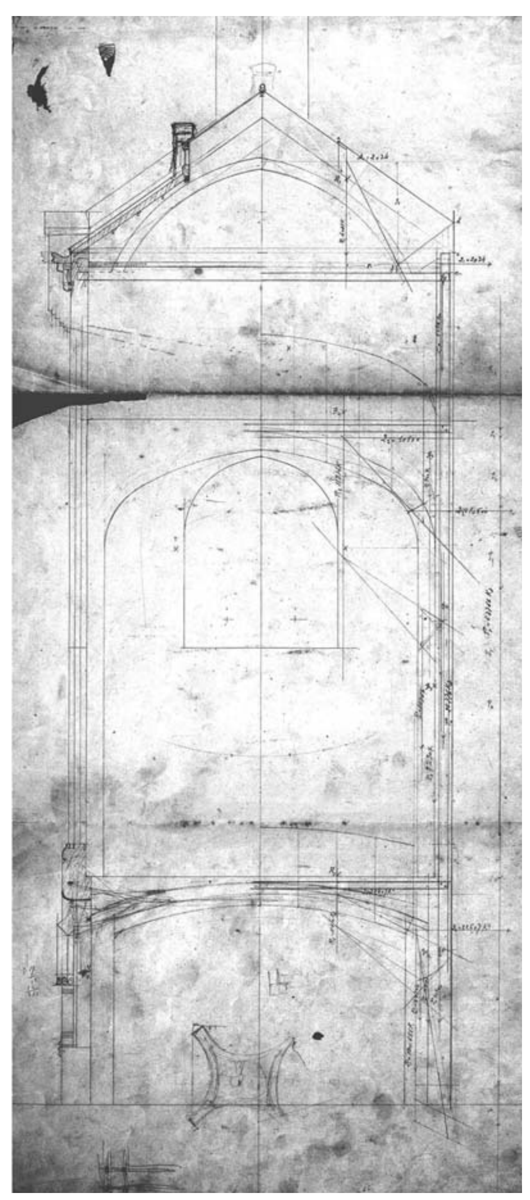


Figura 5
Cálculo por estática gráfica de uno de los cuerpos extremos, AHSCSP Volum_03_029_01_00

Después de este plano, se van sucediendo los dibujos donde se describe la posición y tipología de los zunchos, con diversos detalles de los puntos singulares. En base a esta documentación se realizó un esquema tridimensional con los dos niveles de bóvedas y sus correspondientes sistemas de atirantado camuflados en la obra de fábrica que se pueden apreciar en la figura 6.

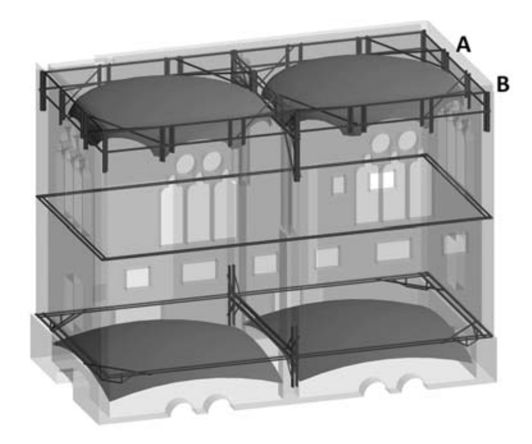


Figura 6
Sistemas de atirantado camuflados en la obra de fábrica de los cuerpos extremos. Realizado por Pau Majó i Codina, ONL arquitectura

En este esquema se puede ver que en realidad el arco central no se comporta como tal, dado que está armado en su interior. Por lo tanto, las pesadas columnas de piedra que parece que sustenten al arco central y que apoyan sobre un voladizo solo deben soportar el peso propio. Pero parece ser que incluso este peso propio era demasiado grande para las dimensiones de las ménsulas, porqué se ha encontrado tres perfiles IPN 100 ocultos en un cajeado de la parte superior de las ménsulas de piedra, que no se encuentran grafiados en ninguno de los planos de proyecto.

Durante las obras de restauración se han efectuado numerosas catas, en muchos casos no destinadas a documentar el edificio sino a sanear el metal oxidado por el paso del tiempo y la imposibilidad de mantenimiento. En estas catas se ha podido comprobar la exactitud de ejecución respecto los planos de archivo, figura 7 i 8, en la mayoría de los casos.



Figura 7
Cala efectuada sobre el punto A, donde quedan a la vista los perfiles IPN120 verticales, el zuncho formado por una UPN100 y el arranque de los tirantes diagonales, detalle documentado ampliamente en planos de archivo. (C. Sanmartí)



Figura 8
Cala efectuada sobre el punto B, donde aparecen los perfiles L120 verticales documentados ampliamente en planos de archivo. La oxidación en este caso era considerable, aunque sin pérdida de sección resistente importante. (C. Sanmartí)

En conjunto, tenemos un edificio resuelto con bóvedas tabicadas profusamente decoradas en su intradós, zunchadas por unas complejas estructura metálica que siempre quedan ocultas, dentro del grueso de los muros o en las cámaras de aire. La ausencia de pilares continuos indica que estas estructuras únicamente asumen las componentes horizontales de las

cargas, ya que las componentes verticales descienden a través de los muros, al contrario de lo que ocurre en los otros pabellones. No se han detectado grietas de consideración en las bóvedas, de modo que se demuestra que estas estructuras han cumplido su función de contrarrestar los dichos empujes.

El estribado del pabellón de Sant Manuel

Los huecos de las fachadas (figura 2) expresan la sección transversal, planta sótano y plantas baja y alta repetidas. La composición de éstas es coherente con los espacios delimitados y con sus iniciales usos hospitalarios. En su parte inferior, que se corresponde con la zona accesible desde el interior, se sitúan ventanas de proporción vertical, con una parte ciega resuelta mediante obra de ladrillo macizo. En la parte alta no accesible desde el interior, se sitúan ventanales bajo arcos rebajados apoyados en estrechos machones, tras los cuales se sitúan los conductos de ventilación que se prolongan con dos chimeneas rematadas con caperuzas cerámicas.

Domènech no adoptó la usual bóveda de cañón, justificándose en la necesidad de aumentar la iluminación natural en la parte alta del espacio para lo cual recurrió a bóvedas de cañón rebajadas transversales al eje mayor de la nave (figuras 9 y 10).

En el techo de la planta sótano, con generatriz recta, se apoyan en IPN de acero y éstas a su vez en las fachadas. En el techo de planta baja, (figura 9) también con la generatriz recta, se apoyan en arcos muy rebajados de trasdós recto que a su vez se entregan a las fachadas.

Y en la en planta alta (figura 10), (la baja de los pabellones de una sola sala), con la generatriz curva apoyadas en arcos de trasdós curvo. En la parte más alta de las bóvedas de la planta alta se dispusieron salidas de aire pero no en la planta baja.

La disposición transversal de las bóvedas al eje de la nave consigue que sus empujes se contrarresten entre sí y, si se apoyan en jácenas de acero, como ocurre en el techo del sótano, no produzcan empujes sobre las fachadas; sin embargo en los techos de las grandes salas se apoyan en arcos que aparentemente empujan sobre las fachadas en su parte superior y a media altura. La pregunta pertinente es cómo se equilibran dichos empujes. En la sección transversal figura 11 se marcan los tres niveles que se detallan en las figuras siguientes.



Figura 9
Planta baja del pabellón de San Manuel. El techo está formado por arcos rebajados que soportan a las bóvedas de generatriz recta. (B. Onecha)



Figura 10
Planta alta. Las bóvedas de doble curvatura se apoyan en arcos de obra de fábrica. (B. Onecha)

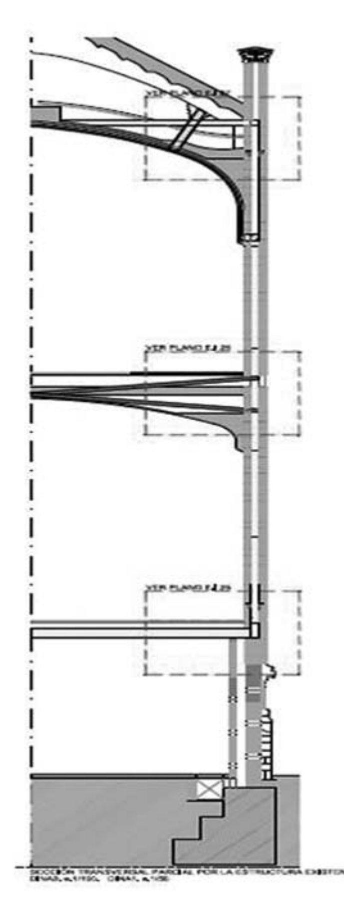


Figura 11
Sección vertical del pabellón de San Manuel. (Caracterizació del Pavelló de Sant Manuel. Casals, Dotor, González, Onecha, arquitectos)

En las tres figuras 12, 13 y 14 es preciso destacar que en todas ellas aparece el muro de dos hojas con algunos perpiaños de las fachadas. En su centro se pueden ver dos perfiles UPN enfrentados continuos en toda la altura del edificio sobre los que se van fijando los perfiles metálicos en los sucesivos niveles. Veamos cada uno de ellos por separado

Nudo planta sótano-planta baja

En la parte inferior de la figura 11 se sitúa el apoyo de las jácenas que a su vez dan apoyo a las bóvedas tabicadas techo de la planta sótano, lo cual queda detallado en la figura 12. En esta es preciso detallar que la unión entre los perfiles verticales y las IPN horizontales se realiza mediante otros tramos cortos de perfiles UPN, lo cual en su momento fue motivo de diversas hipótesis explicativas que se exponen una vez se haya hecho el recorrido por todos los nudos. En cualquier caso, las jácenas que reciben las bóvedas sólo trasmiten cargas verticales (figura 12).

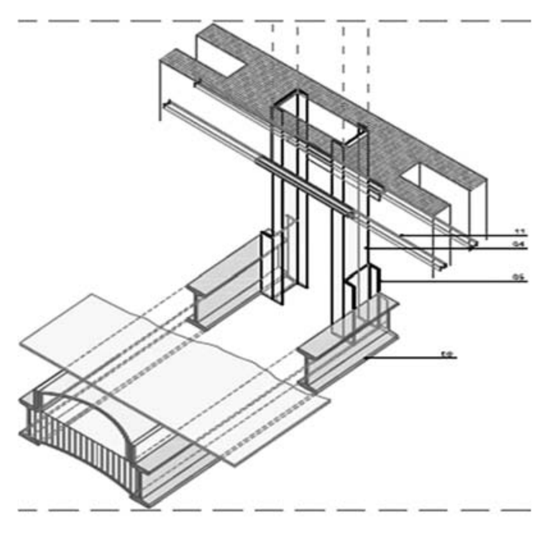


Figura 12
Apoyo de las Jácenas IPN sobre el primer nudo. (Caracterització del Pavelló de Sant Manuel. Casals, Dotor, González, Onecha, arquitectos)

Nudo planta baja-planta alta

Veamos ahora el nudo intermedio, situado a media altura en la figura 11 y del que se ve una imagen en la figura 9 y el detalle en la figura 13. Sin duda, este es el elemento que ha producido mayor sorpresa y dificultad a la hora de ser comprendido. Tal como se ve en la imagen, tenemos arcos rebajados que reciben las bóvedas de generatriz recta de eje transversal al eje de la nave de igual manera que hacen las jácenas del techo de la planta sótano vistas en el nudo anterior (figura 13).

Las calas correspondientes que se hicieron permitieron comprobar que eran auténticos arcos de fábrica de ladrillo en sardinel magníficamente ejecutados.

Y, obviamente y contrariamente a las jácenas del sótano, estos arcos producen empujes sobre la fachada, la cual no presenta ningún tipo de contrafuerte ni de grosor notable que permitan absorberlos.

El repicado del yeso que los camuflaba permitió descubrir el secreto: dos perfiles en UPN que forman una especie de equis y se anclan en los perfiles UPN verticales situados en la fachada. Es decir, estos perfiles en equis son tirantes que están empotrados en el mismo arco que están equilibrando y están sometiendo a las UPN verticales a esfuerzos de flexión que quedan contrarrestados por los empujes que produce el mismo arco. Toda una combinación ingeniosa, algo expuesta, y que sólo se entiende por las razones formales que generan un tipo de modulación del espacio de la planta baja de mayor calidad que el que se había producido mediante jácenas rectas del tipo de la planta sótano. Las uniones entre los perfiles se hace mediante un simple atornillado.

Nudo planta alta-planta buhardilla

Para la comprensión del tercer mundo es conveniente prestar atención a las figuras 10, 11, 14 y 15. En la figura 10 se observan los arcos diafragmáticos que dan soporte a bóvedas de doble curvatura. Una vez hecho el repicado del yeso quedan a la vista los perfiles metálicos en T curvados que quedan claramente definidos en la figura 14.

Hechas las calas correspondientes, se pudo comprobar que los arcos de fábrica no tenían una disposición en sardinel propia de arcos como los de las plantas inferiores sino que es una obra de fábrica sin ningún tipo de direccionalidad. Lo cual lleva a concluir que son los perfiles T los que dan soporte a las bóvedas. Pero su escasa sección impide suponer que actúen como vigas con dos simples apoyos a cada extremo. Para resolver el problema es preciso analizar el papel de los perfiles situados en la parte superior.

Tal como se observa en la figura 14 y en la curiosa fotografía 15, en los extremos superiores de los dos perfiles UPN verticales que recorren toda la altura de la fachada se apoyan dos nuevos perfiles UPN de mayor canto situados a modo de vigas horizontales.

A un tercio de la luz nos encontramos dos nuevos perfiles UPN de dirección inclinada (que hemos acabado bautizando con el apelativo de «bielas», a pesar de que no lo son) que la observación in situ permite comprobar que están rígidamente fijados a las vigas horizontales anteriores y también en su parte inferior a los perfiles curvos. Con todo ello todavía no tene-

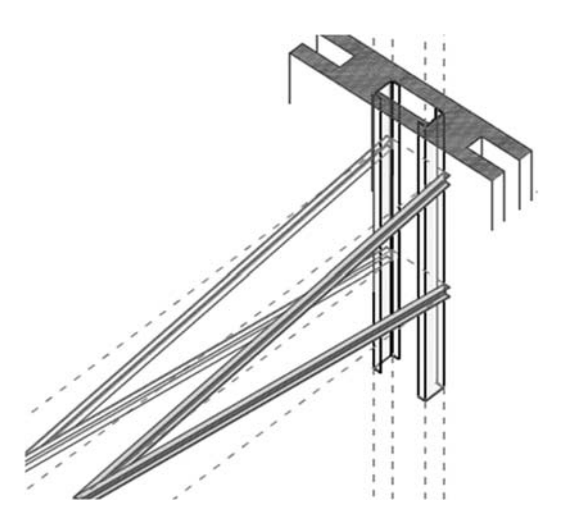


Figura 13
Se han dibujado sólo los perfiles que actúan como tirantes. (Caracterizació del Pavelló de Sant Manuel. Casals, Dotor, González, Onecha, arquitectos)

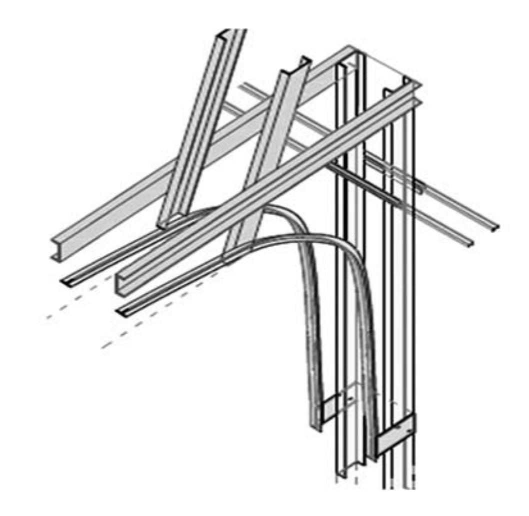


Figura 14
Se han dibujado sólo los perfiles. (Caracterizació del Pavelló de Sant Manuel. Casals, Dotor, González, Onecha, arquitectos)



Figura 15
No se sabe con exactitud si la fotografía fue tomada sobre un pabellón de una o de dos plantas. En los dos casos muestra la estructura metálica de la planta bajo cubierta. El personaje se sitúa sobre las bóvedas tabicadas del piso inferior (planta baja en el caso de dos plantas o sótano en el caso de una) (AHSCSP)

mos la solución de todo este artefacto. Es preciso considerar la estructura de la cubierta.

La cubierta se resuelve mediante tejado sobre correas que se empotran en arcos diafragmáticos de obra de fábrica de los que se ve un tramo en la figura 11. Son auténticos arcos de ladrillo que se apoyan sobre las denominadas «bielas», las cuales trasmiten tanto la componente vertical, como la horizontal a las dos vigas horizontales citadas anteriormente a las que están rígidamente unidas

Es una combinación de elementos metálicos y de obra de fábrica sin precedentes y difícil de comprender a partir de los datos que se tienen. Sin duda, lo más sencillo, dada la profusión de perfiles metálicos en el edificio, hubiera sido una armadura de cubierta del mismo material.

La curiosísima fotografía 15 ha sido de gran ayuda para acabar de entender la concepción y funcionamiento del conjunto del edificio. No se trata de un edificio de muros de carga sino de una estructura metálica con los espacios intermedios cuajados de de obra de fábrica.

Un edificio de pórticos metálicos

Y a la vista de todo conjunto, se puede afirmar que la verdadera razón del armazón metálico no son los empujes, ni de bóvedas tabicadas, ni de arcos. La verdadera razón es resolver la transmisión de cargas verticales lo cual queda claro cuando se recuerda el criterio de Domènech de iluminar al máximo las partes altas de las salas lo cual obliga a unos grandes ventanales que dejan unos machones entre ellos de escasísima sección que además alojaban los conductos verticales de ventilación y los bajantes. (Ver figura 2)

Es decir, no nos encontramos con un edificio abovedado que tiene que resolver sus empujes, como el caso del pabellón de Administración, sino un edificio de grandes ventanales cuyas zonas macizas en ladrillo no tienen suficiente sección para asumir las cargas verticales ni inercia para dar estabilidad al conjunto frente a acciones horizontales. Los pórticos ocultos resuelven las dos cuestiones, y ya que están, se aprovechan para, en el caso de los pabellones de dos plantas disponer de unos arcos que las separan absorbiendo sus empujes con tirantes empotrados en ellos. Obviamente, la fábrica también aporta estabilidad al conjunto.

Una vez se comprende todo lo anterior, es razonable volver a preguntar el por qué de las bóvedas tabicadas ya que en la planta baja no facilitaban en absoluto la ventilación y en la planta alta dada la forma ya abovedada debida a los arcos, la superficie entre ellos podía ser un forjado plano y también habría facilitado el tiro natural.

La «cimentación» de los pórticos

Queda todavía por resolver una cuestión planteada a propósito del diseño del primer nudo. Una vez puesto de manifiesto que nos encontramos con una estructura de pórticos metálicos más que un edificio de muros, hay que dar respuesta a cómo y dónde se entrega la carga asumida por los pilares del pórtico.

Volvamos a la figura 11. Es preciso destacar que los perfiles verticales arrancan desde este nudo, es decir, por debajo de él en los muros del sótano no hay perfiles metálicos.

La primera observación de cómo los perfiles verticales se entregaban a macizo de obra de fábrica pare-

cía apuntar que éstos directamente se entregaban sin ningún tipo de placa a la misma por lo que un rápido cálculo llevaba a que la tensión sobre la fábrica de compresión podía ser del orden de 400 kg/cm^2 lo cual era totalmente imposible.

Después de hacer diversas hipótesis y calas se llega a concluir que nos encontramos ante una solución insólita: aquellos dos tramos cortos de perfiles UPN situados entre los perfiles verticales UPN y las jácenas horizontales (figura 12) son precisamente los elementos que trasmiten las cargas verticales a las cabezas de las jácenas las cuales, en sus alas ya tienen suficiente superficie de apoyo como para repartir sobre la obra de fábrica de la fachada del sótano con unas tensiones razonables toda la carga vertical que proviene de la parte correspondiente el edificio.

Concluyendo, tenemos una nave estructurada mediante pórticos de acero que resuelven todos los problemas estructurales y se apoyan a través de las cabezas de las jácenas inferiores en los muros de obra de fábrica de la planta sótano.

Conclusiones

Sin duda, sin la ayuda de la enorme financiación necesaria aportada por la Fundació Privada Hospital de la Santa Creu i Sant Pau para realizar todos los estudios, calas y prospecciones citados anteriormente, esta ponencia no se habría podido redactar en absoluto. Con todo, es conveniente destacar que, dado que las obras de restauración no han hecho más que empezar, es muy posible que aparezcan nuevos datos hasta ahora desconocidos.

Una vez ás, no se puede olvidar el papel decisivo que en muchísimas ocasiones tienen los procesos de rehabilitación o restauración en el incremento de los conocimientos de la historia de la construcción y, sin duda, de la historia de la arquitectura. Sería conveniente que todos los participantes en esos procesos fueran conscientes de ello y, además de resolver los problemas propios de su intervención, hiciera un esfuerzo por elaborar documentos en los que se reflejara las características constructivas ocultas que de otra forma quedan desconocidas para siempre.

Por ejemplo, en este caso concreto, se han podido aportar nuevas referencias sobre un modo de construir totalmente desconocido y además sobre el proceso de cambio en el tiempo de los criterios arquitectónicos de Domènech i Montaner. Desde criterios de sinceridad constructiva avalados por Viollet-leDuc, como el caso del restaurante de la Exposición de 1888, evolucionó hasta llegar a formas arquitectónicas imposibles sin el refuerzo interior y camuflado de un complejo sistema de atirantamientos que comportan en su esencia los graves inconvenientes que ya predijo el maestro francés (Casals, González, Onecha, Sanmartí, 2011).

Lista de referencias

Casals, A., González, J.L., Onecha B., Sanmartí, C.. 2011. *Las razones del uso masivo de la bóveda tabicada en el Hospital de Sant Pau de Barcelona: una hipótesis para el debate.* Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas**.** Valencia

Memoria, s.d. AHSCSP. *Documento nº 2. Memoria.* Manuscrito. AHSCSP.

Pliego, 1905. *Pliego de condiciones de las obras que junto con las generales aprobadas para las obras públicas en 7 de diciembre de 1900, en lo no modificadas por el presente, deberán regir la ejecución de las obras del Hospital de San Pablo que se ha de construir en Barcelona.* Establecimiento gráfico Thomas. 1905.

AHSCSP Inventario 7, Série de certificaciones de obra, núm 171.

Dos ejemplos britanicos de cimentaciones de estructuras maritimas sobre plataformas de madera en el siglo XIX

Concepción González García de Velasco
Miguel González Vílchez

Se investigan en el presente trabajo dos ejemplos de una rara tipología de cimentación de estructuras marinas en el siglo XIX, la cimentación por plataformas de madera sumergidas, basándonos para ello en los trabajos que se citan, estudiados por los autores del presente artículo en diversos archivos, siendo de destacar los investigados en la Institución de Ingenieros Civiles Británicos, de Londres.

En la primera parte de nuestro trabajo se citan las dos tipologías habituales de cimentación de estructuras costeras de madera, en concreto la de pilotes de madera clavados por martinetes y la de pilotes de madera roscados previo el acople a los mismos de punteras metálicas helicoidales, sistema inventado por el ingeniero británico Alexander Mitchell. Se aportan referencias de diversos trabajos inéditos escritos por autores británicos sobre estos sistemas de cimentación.

La parte fundamental del trabajo se centra en describir dos ejemplos de cimentaciones por plataformas de madera apoyadas en el fondo marino, el del faro de Maplin Sand, en Londres y del muelle de Riotinto, en Huelva. Se estudian los ensayos realizados en las plataformas del muelle de Riotinto por el ingeniero Thomas Gibson durante su construcción en 1874, y se informa sobre otros ensayos llevados a cabo en épocas recientes así como sobre el estado en que se encuentran dichas plataformas en la actualidad.

Antecedentes: Los embarcaderos británicos de madera en el siglo XIX

Con la revolución industrial se produjo un avance considerable en la técnica de la construcción de embarcaderos, avance que tuvo un protagonismo especial en el Reino Unido, donde la minería y la industria, explotadas ya a importantes escalas, requerían de grandes muelles para el embarque de sus productos.

Los primeros muelles embarcaderos se ejecutaron en madera en su totalidad, cimentación estructura y cubierta, habiendo algunos de ellos resistido muchos años en pie hasta sucumbir por envejecimiento, o ser sustituidos por otros de hierro. Se puede considerar con alguna excepción que todos los muelles británicos anteriores a 1850 se construyeron en madera y que, a partir de esa fecha, los embarcaderos de fundición y de hierro forjado fueron introduciéndose como la solución definitiva (Adamson 1977). No obstante, en los años 70 y 80 del siglo XIX todavía se construían algunos embarcaderos británicos de madera, como el levantado en Bilbao por la compañía británica The Bilbao Ore Company. (Barron 1877).

Características constructivas de las cimentaciones de los embarcaderos de madera

Los sistemas de cimentación que se empleaban en los embarcaderos de madera eran principalmente de

dos tipos: los que empleaban pilotes de madera clavados por percusión; y los que utilizaban pilotes de madera roscados. Excepcionalmente, existió una tercera tipología, la de cimentación por plataformas de madera sumergidas, a la que dedicamos este trabajo.

El primero de estos sistemas era el tipo de cimentación más frecuente en los embarcaderos de principios del siglo XIX, puesto que ya habían sido inventadas las nuevas máquinas a vapor que permitían elevar una maza de una tonelada hasta una altura de caída que podía superar los 6 metros. Las máquinas de clavar pilotes se deslizaban sobre ruedas, pudiendo incluso transportarse a través de la propia empalizada o muelle que iban clavando. Una máquina de este tipo se empleó en la construcción de los muelles sobre el río Tyne, en Newcastle (Harrison 1859), muelles precursores del sistema de descarga por gravedad empleado años después en el muelle de Riotinto, en Huelva. Máquinas similares se utilizaron también para la construcción del citado muelle de Bilbao, y para la ejecución de la empalizada provisional de construcción del muelle de Alquife, en Almería (Gonzalez Vílchez y Gonzalez G. Velasco 2001).

El segundo de estos sistemas, el de cimentación por pilotes de madera roscados, fue inventado por el ingeniero Alexander Mitchell en 1832 y estaba destinado a constituir una revolución en el mundo de los pilotes metálicos que entonces se iniciaba (Mitchell 1848). La primera aplicación que su autor les dio fue la de adaptar el sistema a los pilotes de madera, para lo cual diseñó diversos tipos de punteras con hélices que se acoplaban al extremo del pilote y lo hacían clavarse, por rotación, en terrenos no demasiado compactos, como arcillas, limos y arenas (figura 1). Punteras de rosca helicoidales para pilotes de madera. Mitchell, A). De esta tipología de pilotes de madera roscados existieron numerosos ejemplos en Inglaterra y en España, como es el caso del Muelle Sur construido en el Puerto de Huelva (Gonzalez G. Velasco y González Vílchez 2010), cimentado con pilotes de madera encajados en piezas de enchufe ejecutadas en fundición, que se fijaban al extremo final del tubo en el que previamente se había fundido el helicoide (figura 2).

Al tercer tipo de estas fundaciones, el de la cimentación por plataformas de madera, le dedicamos el resto del trabajo.

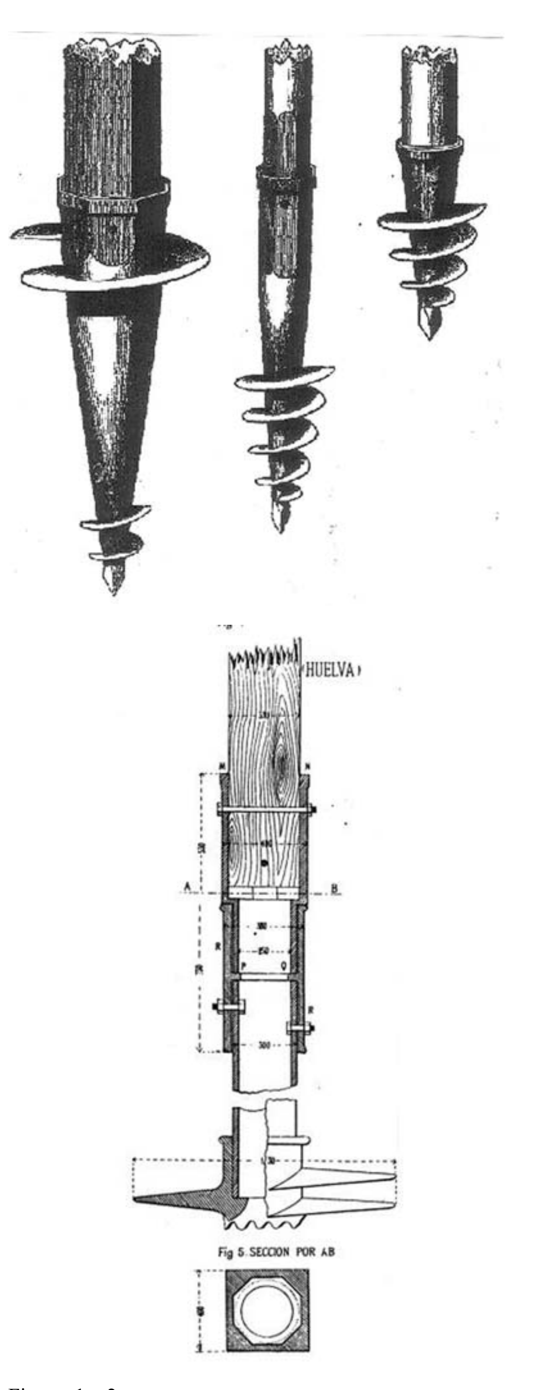


Figura 1 y 2
Pilote de madera con roscas de fundición en el muelle Sur de Huelva. 1895. (Archivo de los autores)

Objeto de Estudio. La cimentación por plataformas de madera a modo de zapatas

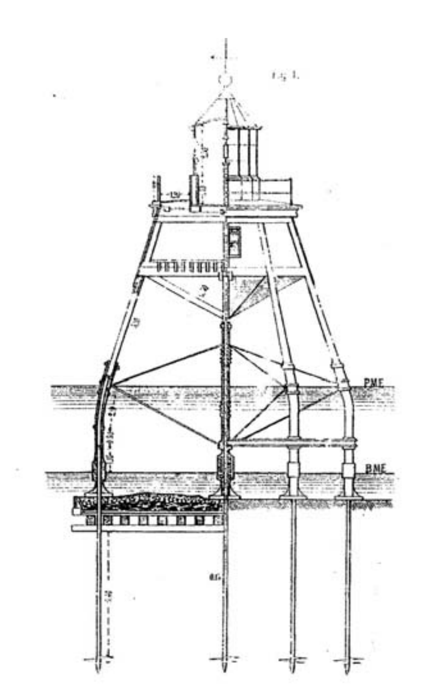
Este fue un sistema especial de cimentación del que sólo conocemos dos ejemplos, pero que creemos de gran interés por su singularidad y efectividad. Nos referimos a los casos del faro de Maplin Sand, en la desembocadura del Támesis, en Londres, y del muelle de Riotinto, en la desembocadura de la ría del Odiel, en Huelva, que pasamos a exponer.

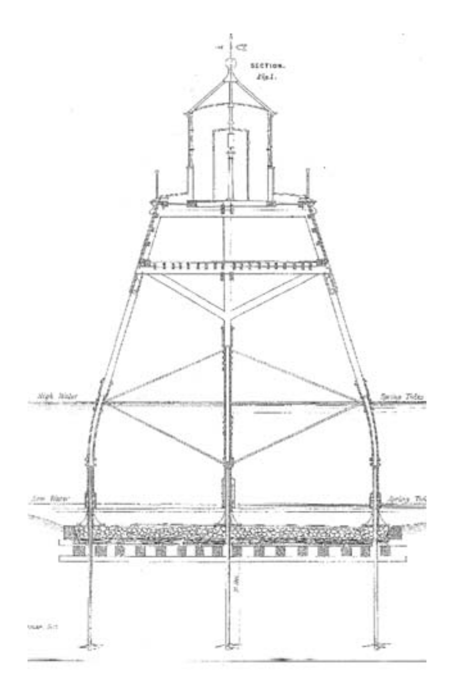
El faro de Maplin Sand

Como comentamos con anterioridad, de todos los sistemas de cimentación de estructuras marinas inventados en el siglo XIX en Gran Bretaña, el que más repercusión tuvo fue sin duda el de los pilotes roscados de Alexander Mitchell, que se difundió por el país en pocos años, así como por Europa y el mundo entero, inmortalizando el nombre de su autor. Pronto, en toda Europa y América se conoció el sistema y se aplicó con profusión en puentes, embarcaderos y faros, recibiendo críticas muy favorables de la mayoría de los ingenieros de la época.

Como en todos los inicios, Mitchell tuvo dificultades para poner en práctica su invento en un proyecto concreto. Aún cuando su invento se patentó en 1834, no fue hasta el año 1838 cuando recibió el encargo de proyectar, en el estuario del Támesis, el faro conocido como Maplin Sand Lighthouse que fue la primera estructura en la que se emplearon pilotes roscados. Los faros hasta entonces eran estructuras de piedra, a modo de baluartes, diseñados con gran fortaleza para resistir el oleaje y los temporales. Mitchell, por el contrario, diseñó un faro metálico ligero formado por barras articuladas formando un entramado espacial, a través del cual el oleaje pasaba sin dañar a la estructura, quedando instalado en medio del agua y cimentado sobre un subsuelo en general blando, mediante pilotes roscados a la profundidad adecuada.

Nos basamos en el trabajo del ingeniero J. Redman sobre el faro de Maplin Sand, publicado en 1842, que incluye los planos de alzado y sección del faro (figuras 3 y 4) y el de la planta de su plataforma sumergida (figura 5). En este trabajo (Redman 1842) se revela que las obras se iniciaron en agosto de 1838, ejecutándose en un principio solamente los pi-





Figuras 3 y 4
Alzado y Sección del faro de Maplin Sand (Redman 1842)

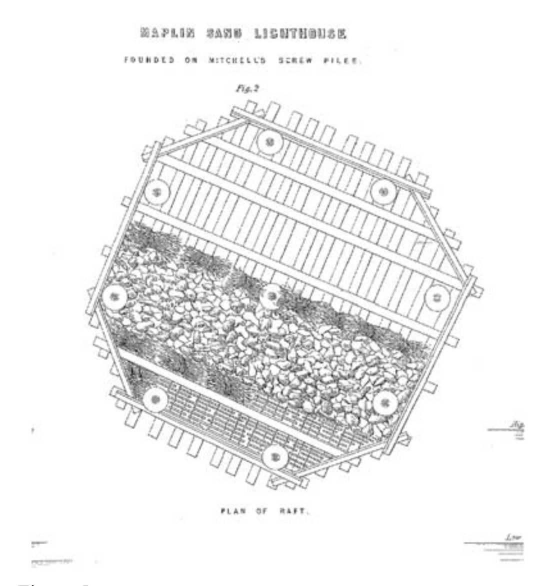


Figura 5
Planta de plataforma de madera del faro de Maplin Sand (Redman 1842) y la explicación de sus circunstancias estructurales y constructivas

lotes del faro, a cada uno de los cuales se había fijado en su extremo un helicoide de 1,20 m de diámetro. Estos pilotes fueron roscados hasta una profundidad de unos 6 metros en el fondo del río, cuyo subsuelo se sabía constituido por arena con pequeñas proporciones de arcilla.

Mientras se construía en taller la superestructura, se llevaron a cabo diversas mediciones en el fondo del río comprobándose que la rasante del fondo se alteraba continuamente, habiendo descendido en alguno de sus puntos hasta 4 pies con respecto a su rasante primitiva, amenazando con debilitar alguno de los pilotes.

Para asegurar la cimentación del faro se decidió entonces construir una plataforma submarina de madera apoyada en el fondo del río, protegida por un manto de 120 toneladas de grava y piedra utilizado para lastrarla y hundirla, y que permanecería sobre la madera contenido por una viga de borde, todo ello para proporcionar mayor peso a la plataforma y para defenderla de los ataques de invertebrados. En los siguientes meses hubo que hacer diversos ajustes de nivelación de la plataforma colocando mayor carga en algún sector, hasta conseguir su absoluta horizontalidad y su asiento uniforme.

A esta plataforma se trasladó parte de la carga del faro mediante nueve collarines de fundición acoplados a los nueve pilotes, ocho de los cuales estaban colocados en los vértices de un octógono y el noveno en el centro de la figura, apoyados todos ellos sobre el relleno de piedra encima de la plataforma. La superficie de ésta era de unos 100 m2 y Redman informa de que el peso del edificio del faro, con todas sus sobrecargas, era de 72 toneladas lo que, sumado al peso de la plataforma y su cubierta de piedra, daría un total cercano a las 200 toneladas.

No informa Redman de los cálculos de transmisión de cargas al subsuelo pero, suponiendo que el peso del edificio lo tuviesen que soportar en su totalidad los helicoides de los nueve pilotes (de 1,13 m^2 de superficie cada uno), ello supondría una presión sobre el subsuelo de 0,71 kg/cm^2, bastante baja para las características de un terreno arenoso, lo que implicaría que la plataforma de madera no estaría obligada a colaborar en sostener parte de la carga. En este supuesto, al menos el peso de la plataforma y sus piedras lo sustentaría el lecho del río, lo que supondría una carga de 120 toneladas repartidas entre 100 m^2, esto es una presión de 0,12 kg/cm^2, cifra muy inferior a la capacidad portante de unas arenas.

Si, por el contrario, se hubiese encomendado a la plataforma la función de transmisión de la totalidad de las cargas (200 toneladas) al subsuelo, la presión que se ejercería sobre el lecho del río habría sido de 0,20 kg/cm^2, muy soportable por las arenas existentes, habiendo quedado encomendada a los pilotes roscados solamente la labor de anclaje y respuesta a fuerzas de tracción y levantamiento de la estructura por vientos y oleajes.

Evidentemente la situación sería intermedia, y la carga habría quedado finalmente sostenida entre ambas estructuras, lo que daría como resultado unas tensiones de trabajo aún más bajas y una gran seguridad final a la obra. Los trabajos de ejecución del faro de Maplin Sand terminaron en febrero de 1841 y sabemos del buen comportamiento del mismo bastantes años después de construido, por las referencias de ingenieros españoles que lo visitaron, como J.A. Rebolledo[1] (Rebolledo 1870) o el prestigioso Lucio del Valle[2] (Del Valle 1861), sirviendo de ejemplo para la construcción de otros importantes faros metálicos en el mundo (González Vílchez y González G. Velasco 2010).

El muelle de Riotinto

El muelle de Riotinto es el otro ejemplo de cimentación, en este caso de un gigantesco embarcadero metálico, sobre plataformas de madera. Esta solución la decidieron los ingenieros Bruce y Gibson como un reformado a su proyecto original, debido al problema de la falta de resistencia del subsuelo de la ría de Huelva, y se explica claramente en el trabajo que Gibson presentó ante la Institution of Civil Engineers en 1878, para ser admitido como miembro de dicha sociedad (Gibson 1878).

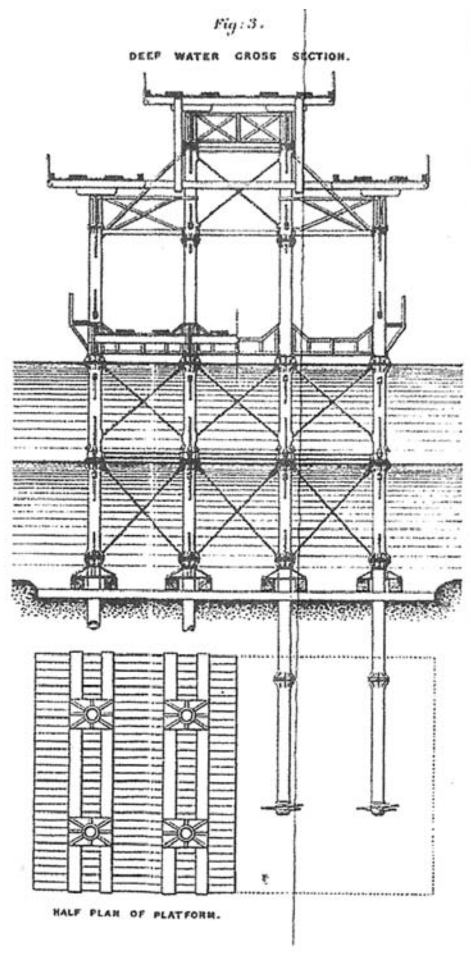


Figura 6
Sección de pórtico del muelle de Riotinto, y planta de la plataforma de madera (Gibson 1878)

Al clavar los pilotes de fundición terminados en roscas helicoidales de 1,50 metros de diámetro, los ingenieros observaron con preocupación que se superaban fácilmente las profundidades previstas (unos 9 metros) sin alcanzar la resistencia necesaria para sostener el peso del embarcadero cargado de vagones de mineral, lo que constituía un problema que parecía invalidar el proyecto presentado. La idea que supuso la solución, manteniendo el proyecto presentado, la encontraron los ingenieros en la construcción de unas grandes plataformas de madera que descansarían en el fondo de la ría, y que sostendrían la mayor parte de la carga.

Para ello pararon la obra tres meses, y realizaron pruebas de carga de hundimiento a todos y cada uno de los pilotes de rosca y de las plataformas que se iban instalando. Las plataformas fueron ejecutadas con vigas de pino del Báltico yuxtapuestas (figura 6) de sección cuadrada de 30 cm × 30 cm, rigidizadas por largueros de 45 cm de canto, y colocadas bajo cada caballete de 8 pilotes, a las que unos collarines de fundición transmitirían parte de la carga del embarcadero. Las plataformas se construyeron en zona de mareas, se flotaron hasta su posición definitiva y se lastraron para hacerlas descender al fondo de la ría, y ser colocadas por buzos en sus posiciones definitivas.

Esta solución resultó tan efectiva que ha perdurado durante más de un siglo de funcionamiento del muelle (figura 7) sin haber provocado graves problemas de asientos, no obstante haberse depositado en el fondo de la ría un sedimento de espesor medio de más de 4 metros, lo que ha generado una presión adi-



Figura 7
Imagen del muelle de Riotinto. Archivo Fundación Rio Tinto. 1920

cional aproximada de 2 T/m2 sobre dichas plataformas, sedimento que no fue dragado en ningún momento por la compañía minera británica por temor a dañar las plataformas. Por otra parte, estas maderas no fueron atacadas nunca por invertebrados, como las *teredos* o las *limnorias*, dada la acidez de las aguas piríticas de los ríos Tinto y Odiel (González G. Velasco y González Vílchez 2009).

Ensayos sobre la cimentación del muelle de Riotinto

Ensayos de Thomas Gibson

Antes de comentar los ensayos que el ingeniero residente Thomas Gibson realizó en 1874 con respecto a las cimentaciones del muelle de Riotinto, queremos hacer las siguientes consideraciones, que ayudan a comprender mejor la tipología estructural del muelle:

a) El proyecto del muelle se establecía con caballetes formados por conjuntos de 8 pilotes de fundición, agrupados en dos bandas paralelas de 4 pilotes cada una, y que se cimentaban a unos 9 metros de profundidad. Estos pilotes fueron construidos con tubos huecos de 41 cm de diámetro y de 32 mm de espesor de pared.
b) Sobre estos caballetes cargaban grandes vigas de celosía de 15 m de longitud, en varios niveles, lo que implicaba el traslado a cada pilote de una carga muy elevada para un terreno tan blando. En efecto, en cada helicoide de diámetro 1,50 m y de superficie 17.671 cm^2, se producía una presión de 4,24 kg/cm^2, lo que claramente era inasumible para un terreno de fangos con pilotes roscados a una profundidad de sólo 9 metros. Todo ello motivó la costosa y compleja intervención de cimentación superficial con plataformas de madera, actuación que fue objeto de severas críticas por parte de algunos ingenieros contemporáneos, como los españoles Pedro Pérez de la Sala[3] (Pérez de la Sala 1878) y J. Eugenio Ribera.
c) No había temor de que las maderas fuesen atacadas por invertebrados, dada la acidez de la ría y la ausencia en ella de gusanos devoradores de madera. En el trabajo de Gibson se citaba el caso del muelle de Tharsis, más antiguo y situado aguas arriba, cuyas empalizadas de protección no habían sido dañadas en bastantes años.
d) Gibson sustituyó las grandes jácenas de alma llena proyectadas por Bruce, por vigas en celo-

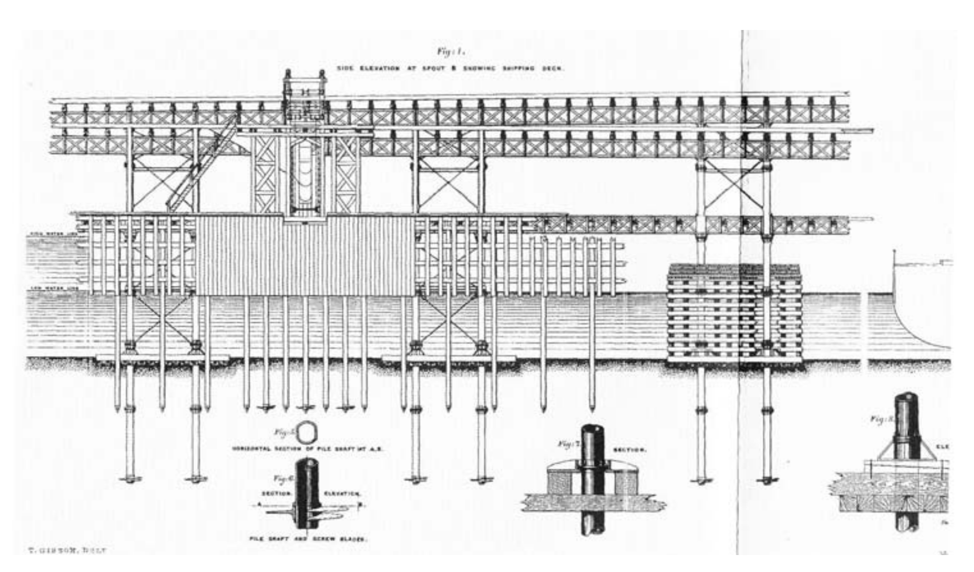


Figura 8
Detalle de carga de plataforma con lingotes de fundición en el muelle de Riotinto (Gibson1874)

sía, de mucho menor peso, lo que aligeraba bastante las cargas, no obstante lo cual, resultaban las cifras antes apuntadas.

En el trabajo de Gibson antes citado se estudian las pruebas de carga que, tanto a los pilotes como a cada una de las plataformas, se les hizo para averiguar su capacidad portante real. Estas pruebas de carga realizadas durante la marcha de las obras, perfectamente ordenadas y reflejadas por Gibson en su trabajo, nos sirven para conocer las capacidades de carga de todos los pilotes y plataformas ejecutados.

Gibson realizó numerosos ensayos a lo largo de toda la obra, en su mayoría pruebas de carga individualizadas para cada uno de los pilotes y cada una de las plataformas, hasta calcular la resistencia última del terreno. Los pilotes se habían atornillado solamente hasta una profundidad media de 9,80 metros, dado que la resistencia no parecía aumentar prácticamente al descenderlos a mayor profundidad.

La carga de hundimiento establecida por Gibson en sus ensayos con respecto a los pilotes, fue de 0,20 kg/cm^2 de media, lo que suponía una carga máxima de 3.534,20 kg por pilote, muy lejos de la que se requería sostener. Para las plataformas de madera, Gibson determinó una carga de hundimiento de 0,58 kg/cm^2, si bien redujo la presión efectiva sobre ellas a solamente 0,34 kg/cm^2, por seguridad (figura 8). Dado que a cada pilote le correspondía un sector de plataforma de unos 22,00 m^2 (220.000,00 cm^2), la carga total asumible por el sector de la plataforma correspondiente a cada pilote era de 74.800,00 kg. El total de ambas cifras era de 78.334.20 kg, lo que representaba la posibilidad de resistir más del doble del peso previsto con el embarcadero cargado de vagones de mineral.

Ensayos del INCE en 1980

En el año 1980 el Instituto Nacional de Ciencias de la Edificación (INCE) llevó a cabo una serie de ensayos sobre el estado del muelle de Riotinto, para acompañarlos como información al pliego de condiciones de un concurso de ideas para la rehabilitación del muelle, concurso que no prosperó (INCE 1980). Los ensayos se centraron en conocer el estado de la estructura metálica del embarcadero y en ellos apenas se aporta información sobre la cimentación del mismo, limitándose el trabajo a informar de que existía gran cantidad de relleno depositado sobre las plataformas, y que «se han realizado perforaciones puntuales y se han obtenido muestras de madera de la plataforma que están en perfecto estado de conservación», si bien no se aportaba ningún dato más al respecto.

Ensayos de la empresa Aguas de Huelva en 1992

En el año 1992, el Ayuntamiento de Huelva, a través de su empresa Aguas de Huelva, produjo un informe del estado del muelle para apoyar la redacción de un proyecto de reforma del embarcadero (De Justo 1992), proyecto que rehabilitó parte de la estructura metálica de la zona del muelle que se interna en la ría. El profesor de la Escuela de Arquitectura de Sevilla, J.L. de Justo Alpañés, redactó la parte correspondiente al informe geotécnico del muelle, para lo cual se llevaron a cabo, a través de la empresa Geocisa, algunos ensayos al respecto.

Las prospecciones geotécnicas realizadas por dicha empresa revelaron la existencia de un subsuelo de lodos de color azulado, con mezcla en algunas capas de conchas de moluscos, cuya profundidad llegaba hasta los 29,00 metros, en que aparecía ya un estrato de mezcla de arenas y gravas. Se comprobó asimismo que sobre las plataformas de madera existía un relleno de un espesor medio de 4,1 metros, correspondiente a los sedimentos depositados sobre las mismas a lo largo de más de 120 años. Finalmente, Geocisa realizó la extracción de testigos cilíndricos de madera de pino, en los que se comprobó su aparente buen estado, con ausencia de daños por invertebrados, si bien la densidad de las maderas extraídas (0,655 kp/dm^3) era sensiblemente inferior a la aportada por Gibson en sus ensayos de las plataformas (0,834 kp/dm^3), probablemente por pérdida de colágeno a lo largo del tiempo. No constan ensayos de resistencia a las probetas extraídas.

Ensayos de la empresa Freyssinet, en 2002

En el año 2002 se acomete un nuevo proyecto de restauración del muelle de Riotinto, esta vez con el objetivo de reparar la parte de estructura en tierra, ter-

minar las reparaciones de estructura en la zona de la ría y rematar la obra con la ejecución de los pavimentos de madera de las cubiertas superiores del embarcadero. Este proyecto y las obras consiguientes fueron encomendadas a la empresa Freyssinet S.A.

Aún cuando en este trabajo no se intervenía en la cimentación, se volvió a realizar un ensayo geotécnico (Freyssinet S.A. 2002) en la zona de tierra del muelle, esta vez con aportación de las resistencias de los diversos niveles, según indicamos:

De 0 m a 10 m.	Fangos oscuros	0,4 kg/cm^2.
De 10 m a 15 m.	Fangos oscuros	1,4 kg/cm^2.
De 15 m a 20 m.	Fangos oscuros	2,4 kg/cm^2.
De 20 m a 25 m.	Fangos oscuros	3,8 kg/cm^2.
De 25 m a 30 m.	Fangos oscuros	4,9 kg/cm^2.
De 30 m a 35 m.	Arenas y gravas	9,6 kg/cm^2.

Conclusiones

El presente trabajo expone la rara tipología de las plataformas de madera como cimentación de sendas estructuras marinas, el faro de Maplin Sand en Londres y el muelle de Riotinto en Huelva y cómo, en ambos casos, estas plataformas mejoraron las condiciones de transmisión de carga al subsuelo y la mayor estabilidad de las respectivas estructuras. Asimismo se demostró en ambos casos la durabilidad de la madera sumergida y su eficaz trabajo como cimentación superficial, combinada con los pilotes metálicos roscados.

El faro de Maplin Sand

En la cimentación del faro de Maplin Sand, en Londres, las plataformas se instalaron para resolver un problema de erosión y alteración del nivel de las arenas del fondo del río Támesis, con peligro de afección a los pilotes roscados del propio faro. Según los cálculos que hemos aportado, los pilotes transmitían al subsuelo una presión de 0,71 kg/cm^2, claramente soportable por las arenas arcillosas. La plataforma se soportaba directamente sobre el lecho del río suministrando a éste una presión de tan sólo 0,12 kg/cm^2, por lo que finalmente se terminaría produciendo un sistema de colaboración entre ambas estructuras, en el que la plataforma contribuiría a aliviar parte de la carga de los pilotes. Asimismo ayudaría a estabilizar la superficie del fondo del río y a terminar con la erosión que hacía peligrar la estabilidad de la estructura del faro.

El muelle de Riotinto

No existían sondeos profundos en el subsuelo de la ría previos al proyecto. El ingeniero Bruce atribuyó al terreno unas posibilidades de carga que resultaron muy lejanas de la realidad, lo que constituía un gran error que finalmente obligó a la solución extraordinaria de las plataformas de madera. Para haber encontrado la resistencia necesaria para sostener mediante pilotes la totalidad de las cargas (4,24 kg/cm^2), los pilotes deberían haber profundizado más de 25 metros, lo que habría encarecido y dificultado en gran medida la obra. Evidentemente, con vanos de luces más cortas, como las habituales de 5 metros en otros muelles metálicos contemporáneos (González G. Velasco 2007), las cargas habrían disminuido a un tercio y la cimentación por pilotes roscados habría sido posible a una profundidad de unos 15 metros.

La ejecución de estas plataformas rebajó la tensión a 0,34 kg/cm^2, bajo la cual el muelle ha funcionado más de un siglo sin asientos importantes, a pesar de la carga adicional que supuso el relleno que se había ido acumulando sobre el fondo de la ría.

De las muestras extraídas en 1992 se deduce que las maderas estaban relativamente bien conservadas, sin ataques de xilófagos, y conservaban su capacidad resistente si bien, su densidad había disminuido como consecuencia de la pérdida de colágeno.

Notas

1. «En 1838 presentó Mr. Alexander Mitchell el proyecto de un faro que se había de situar en Maplin Sand, en el cual proponía el empleo de pilotes de rosca para establecer la fundación de esta obra... Desde aquella época, y vistos los buenos resultados que producen en la práctica, se usan los pilotes de rosca o de Mitchell en las fundaciones de faros, muelles, embarcaderos, boyas, puentes y otras varias obras» (Rebolledo 1870).
2. «En el faro de Maplin, construido ya hace 22 años en la desembocadura del Támesis... parece no haber desperfecto alguno en los hierros por causa de la acción del agua y vapores del mar, aún en aquellas porciones infe-

riores que, por estar constantemente sumergidas, no pueden recibir la pintura que se da de vez en cuando a toda obra exterior» (Del Valle 1861)

3. «En primer lugar, [en el muelle de Riotinto] el extraordinario peso de la estructura proviene en gran parte de las luces de 15 metros dadas a los tramos... pudiendo reducirse a 4, 5 ó 6 metros como se hace en casi todos los muelles sobre pilotes de rosca... así al aumentar el número de apoyos, éstos hubieran tenido que soportar un peso que quizás llegara a ser la décima parte del que corresponde hoy día a cada tubo. Se hubiera así disminuido muy considerablemente la sección de estos pilotes y sería bastante con las roscas helizoidales (sic) para sustentar toda la construcción, evitándose las costosas plataformas de madera» (Pérez de la Sala 1878)

Lista de Referencias

Adamson, S. H. 1977 *Seaside Piers.* Londres.

Barron, F.C. 1877. *The works of the Bilbao Iron Ore Company, in the province of Biscay, Spain.* Minutes of Proceedings. Londres: Institution of Civil Engineers.

De Justo Alpañés, J.L. 1992. *Informe geotécnico sobre el Muelle de Riotinto.* Huelva: Empresa municipal de Aguas de Huelva. Ayuntamiento de Huelva

Del Valle, L 1861. «Proyectos de Torres de hierro para los Faros del Ebro» *Revista de Obras Públicas*.

Freyssinet S.A. 2002. *Proyecto de Reparación del Muelle de Riotinto*. Huelva: Ayuntamiento de Huelva.

Gibson, T. 1878. *The Huelva Pier of the Riotinto Railway*. Minutes of Proceedings. Londres: Institution of Civil Engineers.

González García de Velasco, C. 2007. «El sistema de cimentación por tornillos Mitchell en los embarcaderos españoles del siglo XIX». En *Actas del Quinto Congreso Internacional de Historia de la Construcción*, editado por Miguel Arenillas, Cristina Segura, Francisco Bueno y Santiago Huerta. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

González García de Velasco C. y González Vílchez, M. 2009. «La problemática de la construcción y conservación de los embarcaderos de madera en el siglo XIX». En *Actas del Sexto Congreso Internacional de Historia de la Construcción*, editado por Santiago Huerta, Rafael Marín, Rafael Soler y Arturo Zaragozá. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

González García de Velasco C. y González Vílchez, M. 2010. «El muelle de La Rábida, el último superviviente de los embarcaderos españoles de inspiración británica». En *Primeras Jornadas Andaluzas del Patrimonio Industrial.* Sevilla: FUPIA, Fundación del Patrimonio Industrial de Andalucía.

González Vílchez, M. y González García de Velasco C. 2001. *Los embarcaderos de Tharsis, Riotinto y Alquife*. Sevilla: Textos de Arquitectura.

González Vílchez, M. y González García de Velasco C. 2010. «El faro de Cádiz, un testimonio tardío de los faros metálicos del siglo XIX». En *Primeras Jornadas Andaluzas del Patrimonio Industrial*. Sevilla: FUPIA, Fundación del Patrimonio Industrial de Andalucía.

Harrison, T. E. 1859. *On the Tyne docks at South Shields, and the mode adopted for shipping coals*. Minutes of Proceedings. Londres: Institution of Civil Engineers.

INCE: Instituto Nacional de la Calidad en la Edificación. 1980. *Documentación del Concurso de Ideas para la Reutilización del Muelle Embarcadero de Riotinto y Adecuación de su entorno*. Huelva.

Mitchell, A. 1848. *On submarine Foundations, particulary the Screw Pile and Moorings.* Minutes of Proceedings. Londres: Institution of Civil Engineers.

Pérez de la Sala, P.1878. *Anales de la Construcción y de la Industria*. Madrid. Números, 12, 15 y 17.

Redman, J.B. 1842. *An account of The Maplin Sand Lighthouse, at the mouth of the River Thames*. Minutes of Proceedings. Londres: Institution of Civil Engineers.

Rebolledo, J.A. 1870. «Pilotes con roscas de hierro forjado». *Revista de Obras Públicas.*

Análisis constructivo de las casas y cuevas de Chinchón en las fuentes documentales

Esperanza González Redondo

Chinchón posee una gran riqueza constructiva y archivística, el Archivo Histórico de Chinchón (AHCh), hasta la fecha poco conocida. Su tradición como productora de vino y aceite se ve reflejada en la propia distribución de las viviendas siendo numerosas las que poseen un espacio dedicado a la conservación del vino en grandes tinajas, bien en bodegas, o excavadas en el terreno, en cuevas. Este trabajo se enmarca dentro de una línea de investigación que se basa en el estudio constructivo de las casas, cuevas y bodegas existentes en Chinchón como documentos en sí mismas y en el análisis de las fuentes documentales para su comprensión. A través de esta investigación y una vez cotejados los documentos originales de archivo con las construcciones existentes, se pretende sacar a la luz y no condenar a la destrucción a un patrimonio inmueble que es en sí mismo un documento irreemplazable del pasado.

En un trabajo previo se ha analizado el Tomo I, (*AHCh Nº 9.568*), y Tomo II (*AHCh Nº 9.569*) del documento *Padrón de riqueza de Chinchón en 1753* con una extensión de 13 tomos. Su estudio ha permitido conocer la extensión de esta práctica constructiva en el siglo XVIII. Sin embargo, a pesar de lo extenso del documento, la construcción de cuevas y bodegas en Chinchón a lo largo de estos 260 años no está muy documentada en lo que se refiere a materiales, dimensiones y proceso constructivo llevado a cabo para reforzar con arcos y bóvedas de ladrillo estas construcciones. Junto a este documento, el Archivo Histórico de Chichón (AHCh) posee otros de diversa índole, cuyo estudio resulta de gran interés para completar esta investigación, entre otros información sobre construcción y reparación de casas y presupuestos de ejecución de obras.

Concluido el análisis documental en el *AHCh*, así como el estudio de los *Tratados de Construcción Españoles* que desvelen información sobre construcción de cuevas con arcos y bóvedas de ladrillo, se analizarán algunas cuevas representativas existentes en Chinchón con o sin refuerzo de ladrillo determinando sus características constructivas y su tipología.

Introducción

La ciudad de Chinchón, título concedido por Felipe V en 1719 como *Muy Leal y Muy Noble Villa de Chinchón*, es Conjunto Histórico Artístico y posee una gran riqueza constructiva y archivística. Un extenso trabajo de investigación realizado en el *Archivo Histórico de Chinchón* y en el *Archivo Histórico de Protocolos de Madrid*, ha permitido constatar que apenas existe información gráfica y escrita acerca de la construcción de las casas y sus cuevas, lo que desvela que o no existía la obligatoriedad de presentarlo o no se ha conservado este tipo de información.

La tradición de Chinchón como productora de vino y aceite se ve reflejada en la propia distribución de las viviendas siendo numerosas las que poseen un espacio dedicado a la conservación del vino en grandes tinajas bien en bodegas, formando parte de la

propia concepción inicial en el trazado de la vivienda, y aquellas a las que nos referimos como cuevas que están excavadas en el terreno y cuya estructura y distribución no siempre coincide con la de la casa. Es este segundo tipo de espacio el que se analiza en este trabajo de investigación determinando las características constructivas que nos permitan su entendimiento: fuentes documentales, materiales, dimensiones y soluciones constructivas con o sin refuerzo de ladrillo.

Fuentes documentales

Los trabajos de intervención en una casa pusieron al descubierto la existencia de una cueva realizada con arcos y bóvedas de ladrillo y con al menos 250 años de antigüedad. El interés suscitado por una búsqueda documental en el *Archivo Histórico de Protocolos de Madrid (AHPM)* y en el *Archivo Histórico de Chichón (AHCh)* que permitiera conocer datos constructivos acerca de este caso particular (González 2008), condujeron al descubrimiento casual de un documento el '*Padrón de riqueza de Chinchón en 1753'* de gran importancia para el conocimiento de la tradición constructiva de casas y cuevas en el siglo XVIII. El trabajo que en esta ocasión se presenta continúa esta línea de investigación ya abierta (González 2009a; González 2009b; González 2010).

El Catastro del Marqués de la Ensenada (1749-1756)

Un trabajo previo (González 2010) se centró en el análisis del Tomo I, (*AHCh Nº 9.568*), y Tomo II (*AHCh Nº 9.569*) del documento *Padrón de riqueza de Chinchón en 1753* con una extensión de 13 tomos. Su estudio ha permitido conocer la extensión de esta práctica constructiva en el siglo XVIII. Sin embargo, a pesar de lo extenso del documento, la construcción de cuevas y bodegas en Chinchón a lo largo de estos 260 años no está muy documentada en lo que se refiere a materiales, dimensiones y proceso constructivo llevado a cabo para reforzar con arcos y bóvedas de ladrillo estas construcciones. De estas 2500 páginas se tomaron datos relativos al reconocimiento de las casas existentes en Chinchón, de donde se extrae que las casas se medían, dando sus tres dimensiones: altura, frontis y fondo. Y al igual que a las tierras se les daba después un valor en función de su superficie, su calidad y sus aprovechamientos. A las casas que estaban arrendadas se les fijaba como base imponible el importe o renta del alquiler; y si estaban habitadas por sus propietarios, los peritos anotaban lo que se pagaría por ellas si se arrendasen. El reconocimiento de las declaraciones se extendía a las bodegas, tejares, molinos de aceite, harineros, batanes, etc. Otra comprobación que se hacía era la de los censos o cargas hipotecarias de los bienes raíces, debiendo presentar para ello las escrituras o recibos de pago de los réditos. Al margen de la partida se anotaba, Verificada.

Ese trabajo expuso cómo la mayor parte de los vecinos de Chinchón aunque no todos, aparecen como propietarios de alguna casa y la referencia más extendida es, casa baxa con cuadra, paxar y corral, otras más extensas tienen además lagar, bodega y cueva. Las dimensiones son muy variadas con frontis entre 3 y hasta 30 varas algunas y con fondos entre 7 y 50 varas. Hay casas de 4 varas de frontis por 7 de fondo y otras de 14 de frontis y 50 de fondo. El orden que sigue el documento en la exposición tras el reconocimiento de las casas, es el siguiente 1) denominación de casa baja cuando es de una sola altura y casas altas las que poseen más de una altura anotando su ubicación, calle con su nombre sin numeración, plaza o tierras con las que linda; 2) medidas del perímetro de la propiedad en varas, indicando su frente y fondo junto con un esquema en planta de la



Figura 1
El Padrón de riqueza de Chinchón en 1753 (*AHCh* Nº 9.568)

geometría básica incorporada al margen de la hoja; 3) vecinos con los que limita, según la orientación de la calle se refiere a poniente, oriente, norte o sur; 4) existencia de construcciones anexas: cueva, pajar, caballeriza, corral, bodega, lagar, sin incluir distribución funcional de cuartos de la propia vivienda y, finalmente 5) se señala según lo anterior, la base imponible que oscila entre 80 reales de vellón y 20 ducados. Este dato orienta sobre la riqueza de la propiedad a valorar. Para este propietario

> Juan Antonio tiene una casa baxa en la Alcuyera que tiene de frontis quattro varas y de fondo siete, con su cueva, pajar, caballeriza y corral. Confrontta a oriente entre casas de esta plaza y a poniente de Manuel de Ines y produce en arriendo diez ducados de vellón en cada año. Tiene otra casa en dicha Alcuyera en la que habita que tiene de frontis quattro varas y de fondo diez y siete con su pajar, cueva, cavalleriza y corral. Confronta a oriente casas de Juan Díaz y a poniente de esta Hazienda y arrendada rentaría en cada año diez ducados de vellón (AHCh Nº 9.568).

Otros documentos de Archivo (el Archivo Histórico de Chinchón AHCh)

Como se ha comentado la construcción de casas en los siglos XVII y XVIII, en lo que se refiere a materiales, dimensiones, proceso constructivo, no está documentada y su datación también resulta complicada (González 2008). Sin embargo el *Archivo Histórico de Chichón* posee documentos de diversa índole, generalmente actas notariales, que desvelan algunos datos. Ese es el caso de un litigio entre dos propietarios para deshacer unas obras de ampliación de una bodega que vertía las aguas hacia el corral del vecino.

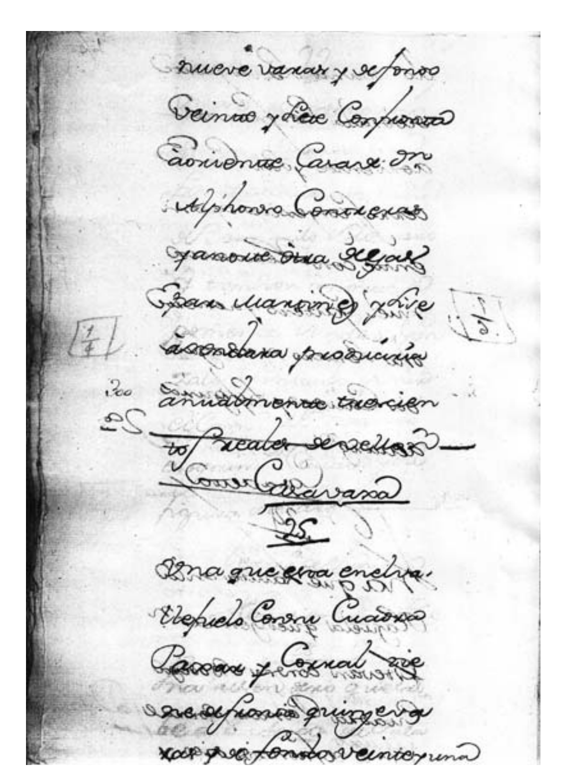


Figura 2
El Padrón de riqueza de Chinchón en 1753 (AHCh Nº 9.568)

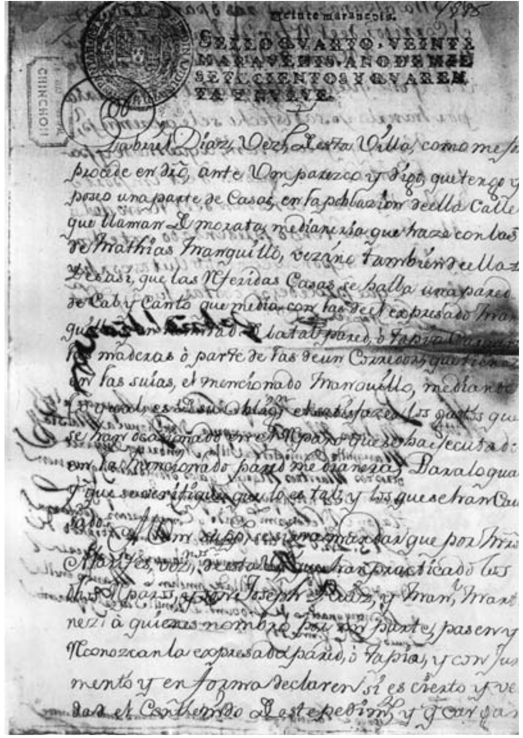


Figura 3
Obras de ampliación de una bodega en una casa en 1749 (AHCh Nº 4.985)

> Y estando disponiendo la obra, por ser conducente a ella, pasa a estar con dicha Isabel, a fin de que si daba licencia, se echarían las aguas del tejado que se aumentó a dicha Bodega, al corral de las casas de dicha Isabel, y se cargarían las maderas sobre la pared de medianería; y con efecto dio el permiso, con la prevencion de que si al corral le venia daño, le avia de reparar en cuanto executara la obra y despues de concluida (AHCh Nº 4.985, 1749).

También se pueden consultar en el *AHCh* algunos documentos donde aparece el presupuesto de las obras realizadas

> Como Maestro de Albañilería que soy en esta Villa, declaro haber gastado en materiales y manos en las Cassas de Josepha Moreno, de orden de Manuel su hermano, lo siguiente: veinte y tres reales que se gasto en yeso para compostura de las quadras, y tambien catorce reales de carriero, y once reales de un tirante y dos reales de soguilla y tambien treinta y quatro reales de dos dias de Maestro y Peon. Importa todo ochenta y quatro reales de vellon y por ser así lo firmo en Chinchón abril de 1779. Firmado: Manuel Delgado. (AHCh Nº 7186)

Figura 4
Presupuesto de las obras de reparación en una casa en Chinchón en 1779. (AHCh Nº 7186)

En este otro caso, se trata de una casa en la Calle Grande c/v calle Molinos, que tiene: Taona, cuadras, pajar, lagar, bodega (con su viga) y con tinajas:

> Decimos que a dicha nuestra compañía pertenecian unas casas en esta poblacion Calle Grande de ella que dan buelta a la de los Molinos y se compone de la fabrica de una Taona, quadras, Paxar, Lagar, Bodega con su Biga y algunas tinajas dentro de su casco y lindan por un costado con otras de la obra pia de Dn. Pedro Mesia de la Portilla AHCh Nº 14062 (1792).

A pesar de la gran cantidad de documentos consultados y trascritos no se ha encontrado información gráfica o escrita que permita avanzar más en el estudio constructivo de estas casas, cuevas y bodegas.

La construcción de cuevas en los Tratados de construcción españoles

La construcción de cuevas subterráneas o el proceso constructivo llevado a cabo para reforzar la excavación realizada, no aparece mencionado de forma explícita ni en los tratados de construcción de la época, siglos XVII y XVIII (S Nicolás 1639; Rieger 1763; Tosca 1757) ni tampoco en los posteriores (Espinosa 1859; Ger y Lóbez 1898). Existe alguna referencia a la cubrición de los techos o soluciones abovedadas para sótanos o bodegas por debajo de rasante con o sin iluminación y ventilación exterior. Fray Lorenzo, sobre la cubrición o refuerzo con arcos y bóvedas de una cueva o de un terreno excavado, escribe

> Siendo la bóveda de rosca de ladrillo, requiere cimbras mas fuertes, y las assentaras a trechos, y las quaxaras de tablas de suerte que quede toda la montea igual, y encima irás sentando tu rosca, de la suerte que si fuera un arco, guardando la esquadria. Estas bobedas de ordinario se labran con cal. Si debaxo de tierra hizieres alguna bóveda, podrás hazer la cimbra sobre la misma tierra, con una cercha de la misma montea que quieres que quede; y vaciada la tierra, quedará tan perfecta como la passada, echando el macizo en las embecaduras, o enjarjado con sus lenguetas. (Nicolás, 1639)

El refuerzo de las cuevas que se estudian en este trabajo se realiza con bóvedas y arcos de ladrillo, para este tipo de arcos Tosca se refiere como sigue

> y porque los arcos y bóvedas se pueden fabricar u de piedra, u de ladrillo de rosca, o tabicado..., el arco semicircular o de medio punto es muy perfecto con que lleve los competentes estrivos para resistir sus empujos... se hará primeramente su cimbra, o cerchón, que para este es bien facil, por no ser mas que un semicirculo de madera ajustado a la buelta, o dobela interior... El de ladrillo de rosca, hecho con buen yesso es muy fuerte, y en su fabrica se observará lo siguiente: 1. Se ha de cuidar que las hiladas sean nones para que la clave no venga en junta. 2. Se fixará el Cintrel en el centro del Arco, con el qual se dirigirán las tirantezes de sus hiladas perfectamente azia el centro: las quales se han de ir echando igualmente a uno, y otro lado del Arco, cuidando vaya delantero el gruesso del tendel en cada hilada: lo que se continuará hasta que quede cerrado (Tosca 1727, p.96)

S. Nicolás, 1639, explica el trazado de los cinco arcos más habituales, entre ellos el escarzano, y añade que el número de ladrillos a colocar, al igual que el de dovelas, ha de ser nones. Y sobre cómo ha de hacerse la entrega del arco en la pared:

> el arco escarzano, y si se fabricaren de ladrillo puesto el un pie de dicho instrumento orizontalmente, de suerte, que ajuste sobre la NQ, el otro dará la NP; y en cada hilada de ladrillo se irá el artífice retirando, y con esso guardará la inclinación NP... y que si ha de ser de ladrillo de rosca, sean las hiladas nones, y se vayan dirigiendo con el cintrel, que se ha de fixar en el punto O, llevandole siempre delantero, y ganandole en la dovela superior lo que el mismo demuestra (S. Nicolás, 1639)

En los tratados de construcción de esta época no se mencionan expresamente temas de dimensionado de arcos y bóvedas para construcciones enterradas o bajo rasante, que soportan gran peso consecuencia del terreno que tienen por encima. De hecho, y como se ha mencionado anteriormente, son frecuentes las

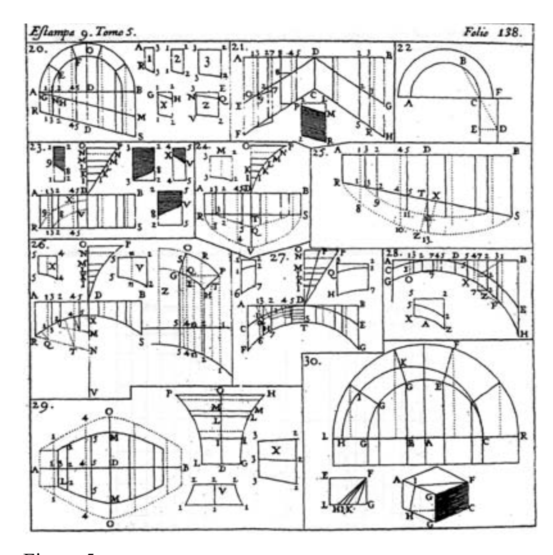
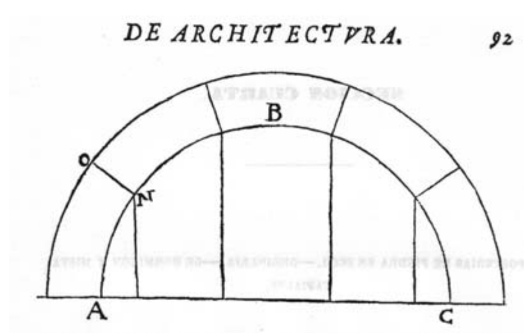


Figura 5
Estampa 9 (Tosca 1727)



Y de la ſuerte que queda dicho, que ſe macize, y eche lenguetas en las paſſadas, ſe ha de hazer en eſta. El grueſſo que aya de tener dexo a la eleccion del Artifice, que en todo deue ſer muy conſiderado. Si la bobeda de canteria fuere rebaxada, ò leuantada de punto, bueltas de que tratamos en el cap. 42. ſerà neceſſario hazer para cada dobela regla cercha, para que acudan bien los lechos y ſobrelechos. Demas de lo dicho ſe puede ofrecer en algun ſalon hazer alguna bobeda rebaxada, y eſta vnas vezes ſe haze encamonada, haziendo camones de madera, que ſon vnos pedaços de viguetas, ò tablones, y fixanſe en el aſsiento de la bobeda, y rematan en el vn tercio de ſu lado, y de vnos a otros ſe tabican, y queda la bobeda con menos peſo: y por el exemplo precedente lo entenderàs mejor, aunque no es la miſma traça. Supongo, que en el hueco .A.B. quieres hazer la bobeda rebaxada .A.C.B. y que es ſu ſuelo de madera .M.N. claua en el ſuelo de parte a parte dos riſtreles con buenos clauos, en el lugar que demueſtra .S.T. deſpues a cada madero echa las çancas, ò tornapuntas .P.Q. L.V. y deſde el aſsiento de la bobeda .A.B.

M 4 ve

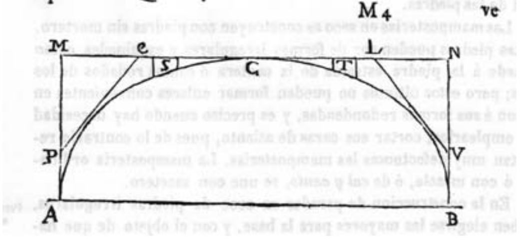


Figura 6
Bóveda de rosca de ladrillo, S. Nicolás 1639

cuevas sin ningún tipo de refuerzo. Tampoco se indica qué condiciones bien del terreno o del trazado de una cueva han de darse para que unas necesiten refuerzos de ladrillo y otras no

> Es indubitable, que los arcos, y bóvedas tienen gran fuerza contra las paredes de los lados: lo que proviene de tener sus piedras la figura de una cuña, que con el impetu de su innata gravedad, procurando caerse azia el suelo, rempujan las del medio a las de los lados; y todas juntas a las paredes colaterales que las mantienen: por lo qual para que estas puedan resistir al impulso que les imprime el arco, es forzoso tengan proporcionados refuerzos que comunmente llamamos estrivos. Y para determinarlos es forzoso atender a la naturaleza del arco, y a la altitud de las paredes. Porque los arcos quanto mas rebaxados tienen mayor empujo, y menor quanto fueren mas levantados de punto.

La construcción de cuevas en Chinchón

Chinchón es conocida por su tradición en la producción de aceite y alcohol y en este marco hay que situar el uso de las cuevas. La bodega se situaba en planta baja ubicando en ella tinajas de grandes dimensiones, en cambio, la cueva era una construcción bajo rasante o subterránea hasta 20 m, excavada manualmente. Las propias características del terreno yesífero en Chinchón han favorecido que la excavación de estas obras pudieran realizarlas los mismos propietarios y que quedaran al descubierto sin elementos constructivos de refuerzo añadidos. Existen otras poblaciones cercanas donde esta tradición constructiva también estaba muy extendida. Sobre las numerosas cuevas de Colmenar de Oreja se escribe:

> Entre todas las fábricas y maniobra de esta villa, la más acreedora a llevarse las atenciones es la de las tinajas, de dónde sacan y llevan para toda la península y aún para embarcarlas, en cuya labor, formación y primor se ocupa notable parte de sus moradores, fabricando anualmente de 150.000 a 170.000 arrobas de cabida, obra que les cuesta nada menos que todo un año de fatiga en sacar tierra de las minas, prepararla, colarla, batirla y formar a mano, sin torno, ni molde ni otro auxilio cada una, haciendo algunas de enorme tamaño de más de 400 arrobas de cabida logrando sacarlas todas por su destreza, cuidado, buen material y perfecto temple en el horno, de una duración tan asombrosa, que solamente pueden romperse a recio golpe, sin que los años logren consumirlas. (Respuestas al Interrogatorio de Tomás López, 1787)

Trazado de las cuevas

El estudio documental de las casas y cuevas de Chinchón que desvele información original gráfica y escrita que permita hacer un levantamiento de estas construcciones queda pendiente de investigar, en el caso de que existiera esa documentación. Sin embargo, el estudio constructivo resulta más sencillo por la posibilidad de realizar una toma de datos de las cuevas existentes (Tellería 1998). Esta publicación recoge las casas y cuevas más singulares de Chinchón y su estudio ha servido de apoyo para completar este apartado.

Desde un punto de vista constructivo, estas cuevas se organizan a base de galerías longitudinales con arcos fajones o de resalto, semicirculares o rebajados (escarzanos), bóvedas de arista en muy pocos casos, y por lo general sin abovedar, disponiendo a ambos lados huecos u hornacinas donde se alojan las tinajas. También hay galerías que terminan en salas circulares sin abovedar donde también aparecen tinajas. A continuación se estudian las más singulares señalando los aspectos esenciales: la profundidad, el trazado en planta y en sección y las soluciones constructivas empleadas en su cubrición, con o sin refuerzo de fábrica de ladrillo. En este último caso se exponen para los arcos y bóvedas: a) su trazado: arcos de medio punto o rebajados, y sus dimensiones: luz, espesor y ancho; b) su aparejo: de rosca, aparejados, tabicados, y c) la solución constructiva empleada en los arranques en su unión con el muro, machón u otros arcos.

Desarrollo en planta de las cuevas y su relación con las casas

La relación entre el trazado de las casas y el de las cuevas excavadas bajo ellas, difiere mucho de unas a otras y responde también a otros factores tales como la profundidad y extensión. Las galerías resueltas con tramos rectos están construidas siguiendo las crujías de las casas de gran desarrollo en planta o bajo los patios

> El cruce de los dos ejes de la cueva, el longitudinal de unos 30 m de largo y el transversal de unos 8.65 m, coincide con los ejes de corte del patio principal de la casa, hecho que plantea la duda sobre las fases de construcción de ambas, casa y cueva. No parece razonable pensar en

una coincidencia casual de una posible cueva ya existente y, un posterior descubrimiento de ésta tras la construcción de la casa. Otra posible conjetura es si la casa construida sobre la cueva es toda ella ex-novo, es decir, si el trazado actual coincide exactamente con el original aunque se desconozca su datación, o si en su construcción se han aprovechado parte de una cimentación primitiva de otra casa preexistente (González 2009a).

Sin embargo, las cuevas de trazado irregular suelen ser fruto de una excavación sin una planificación previa.

En el siglo XVIII, la última vez que alguien se tomó la molestia de contarlas, había 150. Raro era el hogar que no tenía la suya y, como recuerdan los más viejos del lugar, constituía una ocupación habitual, cuando diluviaba en el viñedo, quedarse en casa picando para agrandar la bodega. Resultado, un laberinto obscuro e ignoto excavado. (Colmenar de Oreja).

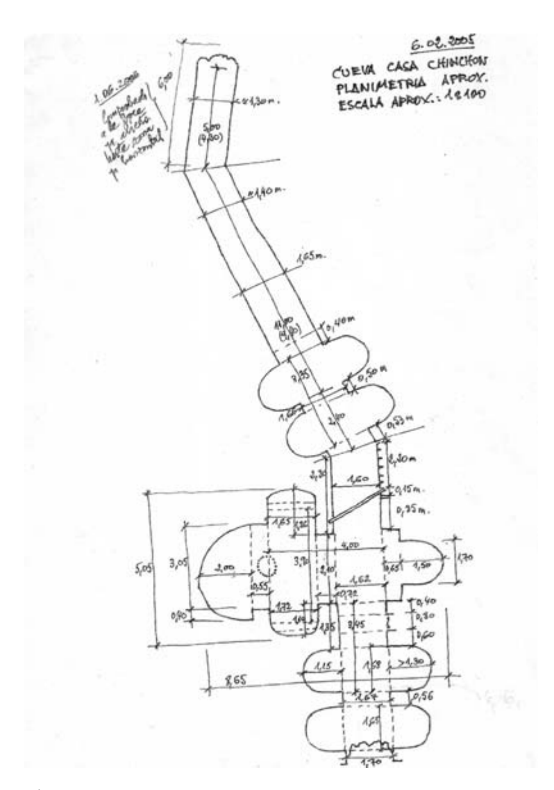


Figura 7
Trazado en planta de la cueva de S. Antón

Accesos, escaleras y lucillos

El acceso a la cueva se realiza desde puntos diversos: desde la bodega, desde la galería del patio principal o patio interior, o bien desde el jardín trasero. En algunos casos constan de varios accesos. El criterio rector en el dimensionado de las galerías quedaba determinado por las medidas de las tinajas a introducir. Estas se arrastraban por las escaleras o rampa hasta llegar a su ubicación definitiva, donde se levantaban quedando en dicha posición tal y como las vemos actualmente. Las tinajas de aceite con un perfil más cilíndrico se situaban próximas al acceso incluso en ocasiones a ambos lados de la escalera, zona de temperatura más alta. Las de abajo, con unas dimensiones mucho mayores y con una temperatura media anual que ronda los 12º, contenían vino.

El trazado de la escalera de bajada a la cueva varía de unas a otras tanto por la profundidad como por su desarrollo en planta y en sección. Hay cuevas a muy poca profundidad y otras, como las famosas Cuevas del Vino, construidas hasta 20 m bajo rasante. Se pueden encontrar escaleras de un tramo recto, de dos tramos, o dos tramos en ángulo recto, tres tramos, y hasta cuatro tramos rectos. También se encuentran escaleras de directriz curva con o sin descansillos y complejas escaleras a base de la sucesión de tramos que van dando paso a distintas cámaras irregulares:

espléndida cueva, con un complejísimo acceso a través de una escalera de tres tramos de traza curvilínea, que desembarca en una sala flanqueada por cuatro nichos para tinajas en un costado y tres en el opuesto, de donde arranca una escalera de subida a un altillo, comunicado a su vez por otra escalera con una segunda cámara de menor tamaño que enlaza por un nuevo trecho de peldaños con la escalera principal, que se prolonga por debajo del altillo y gira para desembocar en el costado de una larguísima galería que a pesar de estar cortada en ambos extremos, por los repartos de la propiedad, todavía presenta 7 tramos cuadrados cubiertos por bóvedas baídas separadas por arcos fajones de medio punto, aunque flanqueados por hornacinas semicirculares para sólo 12 tinajas, ya que uno de los nichos lo ocupa el desembarco de la escalera, y otro, en un extremo, da paso a una segunda galería transversal con otras 19 hornacinas. Cuevas de la Comendadora (Tellería 1998).

Una adecuada conservación del vino precisaba de ventilación que se conseguía a través de lucillos o chimeneas, generalmente de ladrillo, o aberturas di-

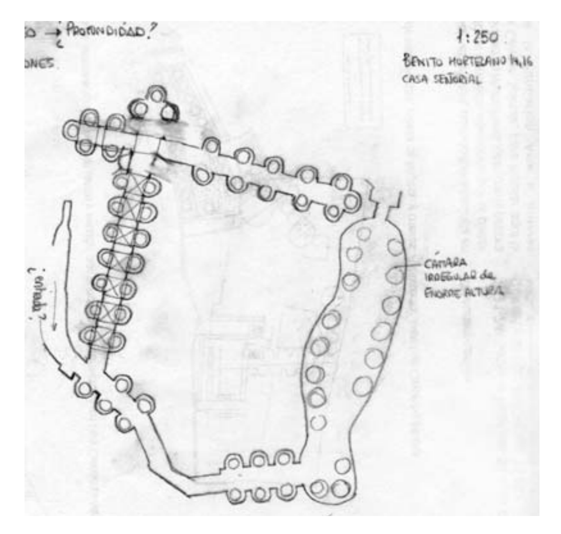


Figura 8
Esquema en planta de la cueva en la calle Benito Hortelano

rectamente en el terreno que ventilaban al exterior a través de patios interiores, menos habitual era la ventilación en la fachada principal.

Galerías

Las cuevas con galerías longitudinales o de directriz recta se resuelven con la sucesión de tramos aproximadamente cuadrados, delimitados en sus cuatro lados por arcos de ladrillo o mampostería o simplemente excavados en el terreno y cubiertos por bóvedas baídas, de arista o el terreno rocoso natural. Sus dimensiones, longitud, anchura y altura, varía de unas a otras. Perpendicularmente a este eje se colocan las tinajas en huecos u hornacinas de planta aproximadamente semicircular. El cruce de galerías se resuelve con diversas soluciones: galerías en ángulo recto o en L que son el resultado de dos galerías rectas con un quiebro de 90º; Galerías en T, dos galerías rectas que se cruzan perpendicularmente; galerías en zig-zag o tipo Z; galerías rectas paralelas; galerías de trazado curvilíneo más o menos regular y galerías en cruz, a modo de capilla como es el caso de S. Antón, 10, cuyo trazado es el que sigue:

> Consta fundamentalmente de dos galerías, la más corta perpendicular a la otra. La larga tiene aproximadamente 30 m de longitud total y 1.70 m de anchura, discurriendo en su parte más honda en horizontal, a unos 10 m de profundidad, en un tramo de unos 14 metros de longitud en dirección Norte-Sur y en esta parte se encuentran tinajas a ambos lados. Por su extremo Norte esa misma galería, pasado un cambio de dirección hacia el N-NW, inicia una fuerte subida a lo largo de unos 11 metros con escalones en su inicio, ya sin tinajas y con bóveda continua, sin obras de ladrillo. Al cabo de esos 11 metros de recorrido, tiene un nuevo quiebro de dirección hacia el NE mientras sigue subiendo a lo largo de unos 5 metros, llegando a lo derrumbado que la ciega completamente. Por su extremo Sur esta galería longitudinal está totalmente cegada por escombros en un arco roto que es el último que se ve; pero que no parece ser el lugar en que acabase la cueva. En la base del conducto vertical de ventilación por el que bajamos, y perpendicular a la galería larga descrita, hay otra corta y ancha galería transversal con cuatro tinajas y profusión de obras resistentes de ladrillo (Jiménez J. 2005).

Cámaras

Las cámaras son espacios o salas excavadas en las cuevas que no responden a la repetición de tramos similares, como las anteriores. Puede haber dentro de una misma cueva una sucesión de cámaras regulares o irregulares y en otras ocasiones son espacios de remate de las galerías longitudinales. Según su trazado en planta, se pueden encontrar: a) cámaras circulares, que son las más frecuentes, se ubican al final de la galería y las tinajas se disponen en su perímetro en ocasiones con hornacinas previstas para alojarlas. Sus tamaños varían, desde las que alojan 2 tinajas hasta la inmensa sala anular con 12 tinajas en torno a un gran pilar central de ladrillo y otras 30 en su perímetro; b) semicirculares o a modo de ábside de remate; c) rectangulares, d) cuadradas y e) irregulares que son las más numerosas.

Elementos constructivos de ladrillo: Arcos y bóvedas

El abovedamiento de los distintos espacios se realiza a) con el terreno rocoso natural, b) con bóvedas baídas, y c) con bóvedas de ladrillo: de cañón de medio punto o rebajado, bóvedas de arista

> Magnífica cueva, una de las mejor trazadas y construidas de Chinchón, que arranca de una escalera en la esquina

sudeste del patio, con una galería recta, parcialmente derrumbada al fondo, con 19 nichos para tinajas a los lados, a la que se adosan por el lado derecho otras dos galerías transversales: la primera está formada por 8 nichos rectos con bóvedas de cañón, enfrentados por parejas y separados por arcos fajones de medio punto que delimitan bóvedas transversales de cañón rebajado, terminando en una hornacina semicircular; mientras que la segunda, con acceso por un arco de ladrillo, presenta una disposición similar pero con 12 hornacinas semicirculares entre arcos fajones escarzanos que separan bóvedas baídas (Tellería 1998).

Otra cueva que tiene una bóveda de cañón de medio punto es la de S. Antón 10:

Su trazado es de medio cañón recto y aparejada de 1 pie de espesor. Cubre una luz de 1.72 m, su altura en el intradós de la línea de clave es de 5.50 m y su longitud hasta los arcos rebajados de remate 3.90 m. Tiene sus arranques sobre dos arcos de medio punto de 3,75 m de altura en el intradós de la clave y sobre esta altura se levantan 5 roscas de ladrillo de medio pie sin aparejar. En esta bóveda se encuentra la terminación del conducto de la chimenea de la cocina por donde se han realizado las primeras visitas a la cueva. Está situado en la intersección de la clave del arco resuelto con cinco roscas y los arranques de la bóveda de cañón, hasta una altura aproximada de 1/4 de la luz de la bóveda (González 2009b).

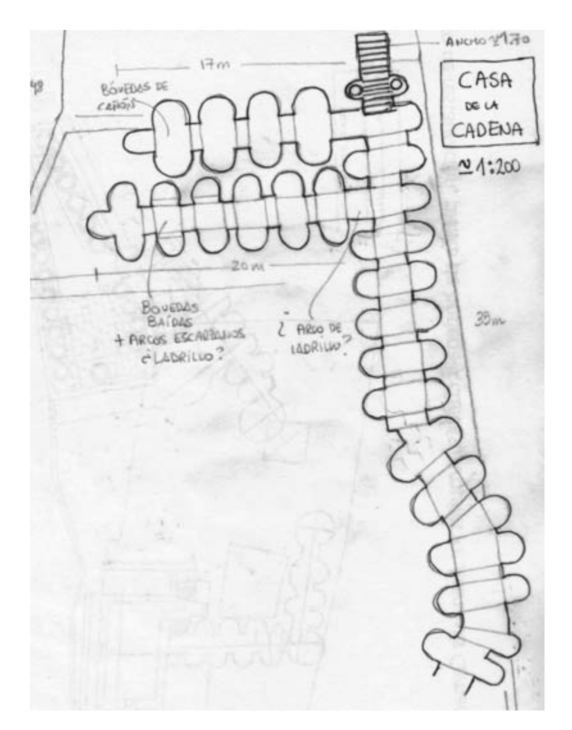


Figura 9
Esquema en planta de la cueva de la Casa de la Cadena

Son numerosas las cuevas con arcos fajones, arcos de resalto o arcos diafragma, bien delimitando los tramos de la galería o de forma independiente en las cámaras. Los arcos perpendiculares al eje principal o tramo recto, pueden ser de ladrillo o con mampostería enfoscada y encalada, como es el caso de la casa de Saenz de Tejada y González de la Peña, con nivel de protección integral, Grado 1

aunque el elemento más valioso de la vivienda es la magnífica cueva subterránea, excavada directamente en el terreno y reforzada con arcos de mampostería enfoscada y encalada, a la que se accede por una escalera con dos tramos en ángulo recto, que desemboca en un distribuidor con dos ramales: uno a la izquierda con una cámara cubierta por bóveda de cañón, prolongada en una galería de directriz curva dividida en siete tramos mediante arcos fajones de medio punto y flanqueada por 14 nichos para tinajas; y otro a la derecha, con un nuevo tramo de escalera que desembarca en una galería en ángulo recto, con un apéndice en su extremo, que suma un total de 21 hornacinas para tinajas, sin contabilizar otras tantas reunidas en una segunda galería en L, que nace a la derecha de la anterior, pero todavía a mayor profundidad, por lo que requiere descender aún otro trecho de escaleras (Tellería 1998).

Son frecuentes los arcos de ladrillo escarzanos, como la segunda galería de la Casa de la Cadena con 12 hornacinas semicirculares entre arcos fajones escarzanos que separan bóvedas baídas o la cueva de S. Antón 10, con roscas independientes

Los tres arcos perpendiculares al eje longitudinal de la cueva a modo de arcos fajones rebajados tienen un espesor de 1 fi pie resuelto uno con 3 roscas superpuestas y los otros dos con dos roscas superpuestas de fi pie de espesor y dos hiladas de tabla y todos con un grueso de 2 pies sobre machones de ladrillo de 2 pies. La continuación de este eje longitudinal, más allá del eje transversal, repite los dos tramos aproximadamente cuadrados anteriormente descritos (1,67 × 1,67 m) con arcos rebajados de menor espesor 1 fi pies y 2 roscas de ladrillo y los arcos rebajados que delimitan el hueco de las tinajas son de una rosca de fi pie de espesor y sobre ésta dos hiladas de ladrillos puestos de tabla (González 2009b).

Cruce de Galerías

El cruce de galerías se resuelve con distintas soluciones constructivas, la cueva mejor estudiada y de la que se ha hecho el levantamiento (González 2009a), es S. Antón 10, en este caso,

> En el eje transversal, de mayor anchura y altura, se encuentran las obras de ladrillo más interesantes. Su trazado a modo de capilla rematada con ábside poligonal irregular, cubierto con una bóveda semiesférica ha llevado a pensar en un cierto carácter religioso. Perpendicular a este eje se desarrolla una bóveda de cañón de medio punto aparejada, a modo de transepto, de 5 m de longitud, que se apoya en los dos arcos principales. Esta bóveda termina en un arco con la misma directriz pero construido de forma independiente, aparentemente en dos fases distintas. A continuación hay una bóveda en rincón de claustro realizada con fábrica de ladrillo, cubre una luz de 1,62 m resuelta con aparejo de 1 pie. Sus medidas en planta son de 2,10 × 1,62 m; su altura en los arranques es de 2,70 m y en la clave de 3,75 m.
> Lo más original de la cueva mencionada anteriormente son los arcos principales de mayor altura, que la bóveda, son arcos de medio punto de 5 roscas independientes de fi pie donde descansa la bóveda de cañón, sus medidas y aparejos difieren. El primero, es un arco de trazado semicircular y cubre una luz de 3.05 m, el espesor en los arranques es de 5 roscas superpuestas de fi pie sin aparejar y 4 en la clave; Tiene un ancho de 2 fi pies aparejado; En la imagen se muestra el estado original del arco en donde se observa que se ha producido un descenso de casi fi pie en la clave. Así como las cuerdas que se utilizaron para bajar a la cueva por el conducto de la chimenea de ventilación de la cocina. Entre la bóveda de medio cañón y la de arista (media bóveda) se levanta otro arco también de medio punto de 2 pies de espesor y 4 roscas de ladrillo y de 2 fi pies de ancho, de 2.10 m de luz que permite salvar la diferencia de altura entre ambas (González 2009b).

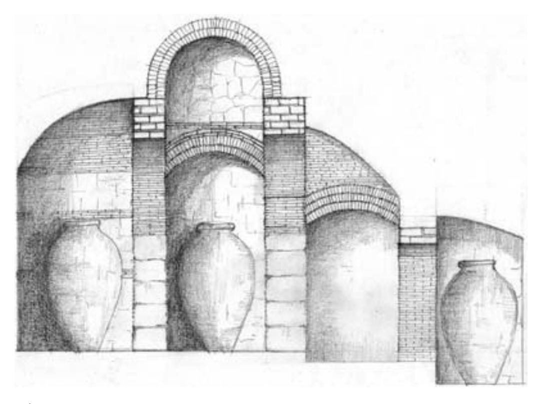


Figura 10
Sección transversal de la Cueva de S. Antón. (González E. 2008)

Algunas cámaras se construyeron sin refuerzo de ladrillo y se encuentran solo excavadas, como es el caso de las famosas cuevas del Murciélago, otras tienen cámaras cubiertas con bóvedas de ladrillo de medio cañón, arcos fajones de ladrillo, y algunas, debido a sus grandes dimensiones aparecen con un pilar central de refuerzo.

Conclusiones

Esta línea de investigación se inició con un trabajo documental en el Archivo Histórico de Chinchón con objeto de encontrar datos acerca del esquema constructivo de una cueva en particular. Se pretendía conocer el trazado de los arcos, el espesor de las bóvedas, y con ello poder realizar un estudio de proporciones que condujera a determinar por qué esa cueva tiene esos refuerzos de ladrillo y otras no, los materiales y medidas en ella empleados, en definitiva, información acerca de ese riguroso estudio de proporciones que lleva al equilibrio entre pesos y empujes y que dan la estabilidad a estas construcciones de fábrica de ladrillo. Sin embargo, a pesar de los innumerables documentos de los ss. XVII y XVIII consultados, no se encontró información de carácter constructivo que permitiera avanzar en la investigación. En este trabajo se han expuesto las líneas generales que permiten conocer una práctica constructiva singular, de indudable valor histórico y constructivo y con más de 250 años de antigüedad. Un levantamiento completo de las cuevas existentes en Chinchón permitiría además, comparar y realizar un análisis constructivo en profundidad y que, con seguridad, respondería a cuestiones que aún quedan sin resolver.

Lista de referencias

Camarero, Concepción. 2008. *El Catastro de Ensenada. Magna averiguación fiscal para alivio de los vasallos y*

mejor conocimiento de los Reinos (1749-1756). Ed. Ministerio de Economía y Hacienda y el Ayuntamiento de Parla.

Espinosa, P. C. 1859. *Manual de construcciones de albañilería*. Madrid: Severiano Baz.

Ger y Lóbez, F., 1898: Tratado de Construcción civil. Badajoz: La Minerva Extremeña.

González, Esperanza. 2008. Construcción de una casa y cueva en Chinchón: Recorrido Histórico. *Primer Premio de Investigación en el IV Concurso de Investigación sobre Chinchón y su entorno*. Editado por el Ayuntamiento de Chinchón.

González, Esperanza. 2009a. Cave construction with masonry arches and vaults. *Third International Congress on Construction History*. Cottbus, Alemania.

González, Esperanza. 2009b. Structural Studies and Repair needs of a cave built with masonry arches and vaults. *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings XI*. Editado por C.A. Brebbia.

González, Esperanza. 2011. *Jornadas sobre Patrimonio documental en Chinchón*. La construcción de casas y cuevas en Chinchón en el siglo XVIII: fuentes documentales para su estudio, 20 páginas. En prensa.

Jiménez, J. 1995. Memorandum de la cueva de S. Antón 10.

López, M.; Castillo, J. y Candela, P. 2002: *Arqueología industrial y memoria del trabajo, el patrimonio industrial del sudeste madrileño, 1905-1950.* Aranjuez: Doce Calles.

Nero, N.1953: Chinchón desde el siglo XV. Chinchón: Ayuntamiento de Chinchón.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1639. *Arte y Uso de Arquitectura. Primera Parte*. Madrid: s.i. (facs. Ed. Madrid: Albatros, 1989).

Rieger, Ch. 1763. *Elementos de Arquitectura civil*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2005.

Tellería, Alberto. 2004. *Arquitectura y desarrollo urbano*, Tomo XI, Chinchón. Ed. Comunidad de Madrid.

Tosca, Tomás Vicente 1757. *Tratado de la Montea y Cortes de Cantería*. Madrid: Imprenta de Antonio Marín.

Documentos manuscritos del Archivo Histórico de Chinchón (AHCh)

AHCh, Nº 4985. 1749. Vecino de Chinchón que desea aumentar la bodega de una casa en la Calle Comadre.

AHCh. Nº 4988. 1749. Para que un vecino pague parte de las reparaciones de una medianería común, 1749.

AHCh Nº 7.415, 7.416, 7.417, 7.418, 7.419, 9.565, 9.566, 9.567, 9.568, 9.569. El Padrón de riqueza de Chinchón en 1753.

AHCh Nº 14.062. 1792. Casa en la Calle Grande con taona, cuadra, pajar, lagar, bodega, con su viga y tinajas, 1792.

La técnica tradicional del estuco de yeso y su aprendizaje en España a finales del s. XVIII

Francisco González Yunta
Félix Lasheras Merino

En la segunda mitad del siglo XVIII se produjo, a nivel nacional, un nuevo cambio de paradigma artístico auspiciado desde las clases dirigentes; este momento se generó a partir de connotaciones políticas y sociales, ampliamente comentadas:

> En este sentido, las obras barrocas se interpretaron como la imagen de una sociedad enfermiza y viciada, herencia de la Casa de Austria que había que renovar de la mano del reformismo ilustrado, símbolo de los borbones, cuya traducción a nivel plástico será el estilo Neoclásico (Navascués 1991,9)

Con el objeto de dirigir el cambio de estilo se creó, en 1751, la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, que asumió con rapidez el control de la nueva corriente artística. Un paso adelante sustancial fue la promulgación, bajo el reinado de Carlos III, de la Real Orden de 1777; con ella se terminaría por someter todo tipo de producción artística financiada con fondos públicos —incluso las de origen eclesiástico— a la supervisión de dicha Real Academia, este hecho fue la respuesta de las autoridades ante la reticencia de la sociedad española al cambio artístico propugnado:

> Aunque sus antecesores habían manifestado clara voluntad de implantar y favorecer los ideales neoclásicos, lo cierto es que el gusto barroco, muy arraigado a nivel popular, continuaba produciendo obras, y esta convivencia era la que no estaba dispuesta a mantener Carlos III. Por ello, posiblemente aconsejado por Antonio Ponz y el arquitecto Francisco Sabatini promulgaba la citada Real Orden, cuyo contenido era claro y explícito a este respecto (Sánchez 1996).

Dicha norma prohibía la construcción de retablos en madera, alegando el alto riesgo de incendios y el coste de la policromía y, sobre todo, los dorados posteriores, y se inclinaba por el empleo de la piedra natural, presente en sus diferentes variedades en todo el ámbito nacional. Soterrada estaba la idea de suplir un material blando y fácil de tallar —ideal para la ornamentación barroca— por otro más duro. Como alternativa económica se proponía la creación de dichos retablos con fábrica de ladrillo o mampostería ordinaria, que fueran finalmente revestidas con estucos marmorizados.

Dada la necesaria concreción de esta comunicación bastará sólo con incidir en que el término estuco[1] se ha empleado desde el principio de la arquitectura para nombrar a numerosos tipos de revestimientos y decoraciones que, a partir del empleo de la cal y el yeso principalmente, se han ido desarrollando para dar soluciones ornamentales a las diferentes corrientes artísticas; es por esto que quizás, el significado que en la actualidad tiene la palabra *estuco*, reducido a las últimas corrientes artísticas del siglo XX, ayude a crear confusión al respecto.

En la época en la que se sitúa el presente trabajo se perseguía conseguir la imitación realista de todo tipo de piedras naturales, especialmente mármoles, logrando unas combinaciones ornamentales en retablos

y bienes muebles que no desmerecieran del natural, y redujeran significativamente su coste económico. Dejando de lado –por su simpleza— las figuraciones marmóreas realizadas con pintura a la cal sobre fábrica o tabla, la única técnica que permitía obtener los resultados deseados era el estuco de yeso, también llamado *escayola.* Esta técnica era prácticamente desconocida en España y estaba en manos de algunos artesanos —mayoritariamente italianos y franceses— que trabajaban en los Reales Sitios principalmente.

La figura de don Ramón Pasqual Diez

Conocemos su biografía gracias al estudio introductorio de Nieto (1988) en la edición facsímil de su obra: *Arte de hacer el estuco jaspeado ó de imitar los Jaspes a poca costa, y con la mayor propiedad* (1785). Nacido en marzo de 1743, en el seno de una familia acomodada, llega a Ciudad Rodrigo en 1763, sirviendo como mayordomo al obispo con Cayetano Antonio Cuadrillero y Mota. Es nombrado Racionero de la Catedral de Ciudad Rodrigo en el año 1775.

Aunque carece de formación universitaria, adquiere experiencia a través de las obras en diferentes edificios eclesiásticos en las que participa, llegando a ocupar el cargo de comisario de obras y aparejador en determinados momentos (Azofra, 2006). Cuando se encuentra trabajando en el retablo mayor de la Iglesia del Seminario de San Cayetano tiene la oportunidad de observar la labor de unos artesanos estucadores italianos, tal y como explica en el prólogo de su obra:

> No es cosa nueva, ni inventada por mí, ni en esto tengo mas mérito que el de una prolixa observación, y particularísimo cuidado, con el que adverti quanto hicieron los Italianos en la construcción del retablo mayor de la Iglesia del Seminario Conciliar de S. Cayetano de esta Ciudad de Ciudad Rodrigo; pieza sin duda apreciable por lo bello de su Arquitectura, y lo delicado y precioso de su Estuco. A costa de observaciones y tentativas pude instruirme de su mecanismo, y formar una receta cabal de su composición, con la que he trabajado varias piezas, y es la misma que publíco.

Esta circunstancia le permite escribir su tratado ya citado, calificado por él como *obrita.* De esta forma se convierte en el único autor español con una publicación técnica sobre los estucos de yeso; dicho texto sería publicado —casi como una copia literal— dentro del tratado de Fornés y Gurrea (1841), y tendríamos que esperar a que a finales del siglo XX aparecieran otras publicaciones sobre los estucos, realizadas por tratadistas con un carácter menos práctico.

Todo lo anterior permite a D. Ramón Pasqual progresar con rapidez en la sociedad, alcanzando los siguientes hitos:

- Socio fundador de la Sociedad Económica de Amigos del País de Ciudad Rodrigo (Demerson P y J 1982), donde impartió —con poca fortuna debido a la precaria situación de los alumnos— cursos de estuco y escayola a partir de 1787.
- En 1787 realiza, en estuco, el trascoro de la Catedral de Santa María, una de las pocas obras que se conservan en la actualidad:



Figura 1
Trascoro de Santa María (www.ciudadrodrigo.net)

- En 1788 es nombrado Canónigo de Ciudad Rodrigo para, un año después, ocupar el puesto de Capiscol de Burgo de Osma.
- El dos de mayo de 1788 es nombrado Académico de Honor de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.
- En verano del año 1792 imparte un curso de estuco en la Real Academia que tuvo una gran acogida

En sus últimos años de vida es acusado de colaboracionista con los invasores franceses, y apresado con el cargo de infidente, llegando a ser juzgado con la petición de la pena capital; aunque resultó absuelto de tales cargos no desaparecieron las sospechas sobre su actuación y cuestión amargó los últimos años de su vida. Muere en Madrid el 17 de agosto de 1815 a la edad de 72 años.

CURSO DE ESTUCO DE YESO EN LA R.A.B.A.S.F.

Tras los intentos fallidos en la enseñanza del estuco en Ciudad Rodrigo, Pasqual Díez imparte un curso en la Real Academia durante el verano de 1792; en él se forman ciento ocho artesanos de toda condición y procedencia que retornarán a sus lugares de origen y se iniciarán en la producción de obras de estuco de yeso; este hecho se considera crucial en el desarrollo de la técnica, por ello se han revisados los fondos documentales existentes en la biblioteca de la Real Academia, encontrando en el Legajo 1-33-5 titulado *Estucos y mármol artificial*, la información que se transcribe a continuación.

En el Documento nº 1 del Legajo aparece una carta de don Ramón Pasqual Díez, Racionero en Ciudad Rodrigo, dirigida al Excelentísimo Señor Conde de Floridablanca el día 5 de diciembre de 1777, en la que solicita una prebenda para enseñar el método de fabricar el estuco:

> En esta Iglesia se hacho un retablo de Estuco primoroso y dos mesas de lo mismo, trabajadas por mí. Señor, abra muchos que sepan hacer esto, pero no dejo de admirar, el que siendo así, son pocas las obras que se reconocen en este material, que siendo tan barato y de tanta duración como el mármol mismo, pues quando padedca algo se puede componer con la misma facilidad.
>
> En este Pais Señor, puedo asegurar nadie lo sabe hacer mas yo, y ya que hasta aquí lo he tenido reservado (con poca razón) tengo resuelto sabida la intención a Su Magestad hacer publico el modo de hacerse para que el publico se aprobeche de el por ser muy fácil y de poco coste, pero como carezco de algunos medios y poca autoridad seria bueno para adelantar esta industria, y que los oyentes tomasen mejor mis lecciones el que Su Magestad me honrase, con una prebenda que aun se halla bacante en esta Catedral de la que soi individuo con este ejemplar los oyentes se alentarían y yo podría con mas esfuerzo promover la causa publica, por que la autoridad de la persona recomienda no poco todas sus obras.
>
> Con el estuco Señor se pueden adornar los Gabinetes, las habitaciones, Iglesias y quanto ay, pues además de que con el se imitan todos los Jaspes dándoles todo su lustre, se puede hazer en los colores que se pida en las betas, manchas que se pueda discurrir, pues una para grande o pequeña como quiera que se puede hazer en líneas de distintos colores. Ya rectas ya curvas que la mas gorda sea como un pelo.

Las siguientes noticias al respecto aparecen el Documento nº 4, de fecha 30 de abril de 1792. Se trata de una correspondencia entre el Conde Aranda (sucesor del Conde de Floridablanca) a don Isidoro Bosarte, en su calidad de Secretario de la Real Academia. En ella se da curso a la petición realizada por Pasqual Díez —quince años atrás— para su estudio por la Junta. No se conserva la contestación dada, pero ésta debió resultar favorable ya que de nuevo el Conde de Aranda se dirige al Sr. Bosarte el día 3 de junio de 1792 (Documento nº 9):

> He visto el informe en la Academia en lo que propuso el Capiscol D. Ramón Pascual Díez y apruebo lo que en él se expresa en quanto á facilitar una de las salas en la temporada de vacaciones, para que este Eclesiástico dé en ella lecciones prácticas en hacer el estuco á los que quieran instruirse.

Como consecuencia de la anterior aprobación, el 7 de junio de 1792 la Real Academia acuerda (Documento nº 6):

> ha acordado que en tiempo de vacaciones se enseñe la práctica de los Estucos en una de las salas de estudios, que deberá elegir con acuerdo del Señor Viceprotector y mío el Señor Académico de honor D. Ramón Pascual Díez, bajo cuya dirección estará la enseñanza.
>
> Se lo prevengo a Ud. para que su inteligencia y para que franquee el dinero que de orden del Señor Ramón se le pida para comprar materiales y todos los utensilios que se necesiten, los quales por el mismo echo de pagarlos la Academia quedan por suyos y cuidará de su custodia y resguardo quando no se tenga que hacer uso de ellos.

El curso debió impartirse durante los meses de julio y agosto, presentado Pascual Díez el siguiente in-

forme a la Academia el día 2 de septiembre (Documento nº 3):

> Señor: Luego que el Publico tubo noticia de que V.E atento siempre a proteger los establecimientos que pueden ser de utilidad publica y de ornato a la Nación, destinaba una de sus salas para que la enseñanza de la Escayola ó Estuco Jaspeado, costeando ademas todas los materiales y herramientas se llenó de gozo y con aclamaciones alaba este establecimiento, mui propio del celo de V. Excelencia.
>
> Deseoso de llebar a efecto las disposiciones de V.E y desempeñar el encargo que se digno confiarme, dispuesto lo necesario, empece a dar las primeras lecciones, y á poco tiempo me ví rodeado de jovenes aplicados, de sugetos de todas las clases, y de otra multitud de gentes, que de todas partes acudian a instruirse. La aplicación y docilidad de los discipulos de V.E y demas concurrentes, los buenos efectos que cada dia experimentaba de mis cortas fatigas me llenaban de consuelo, aliviaban mis trabajos y me estimulaban más y más a continuar mis tareas, de modo que aun quando de ello no resultase la utilidad publica, daría por bien empleados mis cortos trabajos.
>
> Todo establecimiento nuevo tiene muchas dificultades: sus primeros frutos siempre son costosos y escasos: nunca en poco tiempo se han echo cosas mui grandes; á pesar de estas constantes verdades tengo el honor de presentar á V.E varias muestras, con una lista de los sugetos que han concurrido a instruirse, asegurando a V.E que todos saben hacer la pasta, y muchos capazes de hacer las obras que se les encargue: á estos se les ha dado la correspondiente certificación conforme á las ordenes de V.E.
>
> Cuando presento a V.E esas muestras primeros frutos de la enseñanza, que ha estado a mi cargo, no hago otra cosa, que manifestar a V.E y volverle lo que es suyo, no solo, porque por favor de V.E tengo el honor de ser uno de sus individuos, sino porque el haverse echo, se debe a la particular protección de V.E y son echas por sus mismos hijos, por los discipulos de esos sabios profesores. No me lisongeo tengan todas la perfección debida, y que estén libres de algunos defectos en cuanto a formas y materia, pero V. E se hará cargo estan echas por unos principiantes y en un tiempo tan corto, que ademas de haver puesto el mayor cuidado eran bastantes para tomar los primeros conocimientos, ellas dan una idea clara de lo mucho que puede hacerse, si V.E continua su protección.
>
> El Publico que con tanto gusto recivió la noticia de este establecimiento ha visto con la mayor satisfacción sus progresos, manifestándolo bien con alabanzas y con la concurrencia de tantos que deseaban instruirse, dando todos mil gracias á la Academia por el favor y servicio tan grande de, que hacia el Publico, y por el que cada uno en particular recivia, no teniendo expresiones bastantes para alabar el celo de V. Excelencia.
>
> Los adelantamientos ha sido conocidos, y V.E puede tener la satisfacción de que ahora mejor que nunca podrá lograr lo que tanto deseaba, pues los Templos se podran adornar con el decoro debido, y se desterrarán los feos y ridiculos adornos, se escusará gastar malamente tanto oro, se evitarán los incendios, á que están expuestos los retablos de madera, será menos la escasez de esta, y por ultimo, podran llebarse a efecto las ordenes de V.M.
>
> Nunca podre yo hacer el debido elogio de los discipulos de V.E y su aplicación, dire solo que si dejasen los estudios con sus Maestros, empleaban gustosos en el trabajo los ratos que debian dar al descanso, ó al esparcimiento, tampoco podre explicar la aplicación de otros que dexando de ganar muchos Jornales, y que acaso les haria falta para mantener a la familia, concurrian á instruirse. Y que dire de tantos, que dexando sus casas, y talleres, sin detenerse en lo largo del camino, y de los crecidos gastos, se presentaban todos los dias, ansiosos de disfrutar el favor de V.E los dispensaba. ¿Y qué de tantos sugetos de distinción y del mayor carácter, que sin reparar en su estado y clase distinguida, se unian hasta con los mas infelices, y no tenian reparo en trabajar por sí varias piezas? Lleno de admiración me contento con ponerlo en noticia de V.E. del particular servicio que V.E ha echo al Publico, de los gastos que ha sufrido, de los concurrentes a la enseñanza, y de lo que se ha trabajado, doy parte al Señor Protector, pareciendome ver de mi obligación dejando lo demas á la consideración de V. Excelencia.
>
> Bien quisiera haver llenado las ideas de V.E y haver desempeñado la confianza, que he debido a su bondad: si no lo he echo; si en algo he fallado, ruego a V.E se digne disimularlo, asegurando que mis deseos son servir a V.E y que si, logro que mis cortas tareas merezcan su aprobación nada me quedará de apetecer.

En el Documento nº 7 aparece la lista de 108 alumnos compuesta por Arquitectos, estudiantes de arquitectura, eclesiásticos, comisionados de Sociedades y artesanos de diversas profesiones: escultores, tallistas, retablistas, doradores, plateros, pintores, etc., aunque dejamos para el futuro el cotejo de los nombres de esta relación con los de los maestros es-

tucadores de la época. Así por ejemplo, dentro de la categoría de *sujetos particulares de dentro y fuera de la corte que han querido instruirse*, aparece el nombre de Josef Gonzalez que bien pudiera tratarse del estucador José Gabriel González que realizó en 1793 el retablo mayor de la Parroquia de Omnium Sanctorum de Sevilla (Ros 2000).

Los Documentos nº 8 y 10 tratan de la solicitud de alguna gratificación a las personas que han intervenido en las tareas de limpieza y apoyo al curso

Por último, en el Documento nº 11 la Real Academia agradece a don Ramón Pascual Díez su participación en el curso; a este respecto sorprende la falta de noticias acerca de la repetición del mismo dada la utilidad y resultados conseguidos.

La Técnica del estuco de yeso

El estuco de yeso va perdiendo protagonismo durante el siglo XIX terminando, prácticamente por desaparecer la técnica en el siglo XX. Muchas son las razones que lo explican: el incremento del precio de la mano de obra, los cambios de gustos artísticos, los avances de la industria en el tratamiento de la piedra natural, el cambio social y económico de la iglesia, etc.

Sin embargo han quedado numerosos elementos en bienes muebles de nuestro patrimonio que, por la circunstancia citada, son fruto de dudosas restauraciones dominadas por el desconocimiento existente en la actualidad. Por otro lado, las modas en decoración necesitan de novedades continuas y los fabricantes se esfuerzan en conseguir materiales de aspecto novedoso, en formatos y colores diferentes a los existentes, buscando ese carácter exclusivo tan deseado; todo ello sin contar con las corrientes que buscan en el pasado los recursos estilísticos actuales.

Por todo lo anterior, la técnica del estuco de yeso debería estar vigente —como ocurre en otros países europeos— y para ello es necesario afrontar el desarrollo empírico de un proceso artesanal suficientemente contrastado, es por esto que a continuación se haga hincapié de la técnica descrita por don Ramón Pascual Diez.

Por último, incidir en el hecho de que se trata de una técnica de taller, con la que se han desarrollado piezas ornamentales en taller, ya sean aplacados, molduras, capiteles, etc., (con molde o aterrajados) que luego serían colocados a la manera de las piezas de piedra natural. Aunque existan, o se citen, algunos pocos ejemplos como el revestimiento de la fachada del palacio del Marqués de Dos Aguas en Valencia, lo cierto es que el estuco de yeso no se aplicaba en paramentos como revestimiento continuo; para ese fin se utilizó el estuco de cal, que tantas excepcionales muestras dejó en el siglo XX a partir del empleo excelente de la técnica del estuco a fuego.

El capítulo V, titulado *Materiales de que se compone el estuco*, Pascual Diez va enumerando los materiales necesarios: Yeso blanco o de espejuelo, pigmentos minerales (*albin, pavonazo, carmín ordinario, tierra roxa, bol, ocre tostado y por tostar, la tierra del hombre, los polvos de imprenta, el oropimente, el añil, el minio y bermellón*) y una agua de cola de pieles de cabrito puesta en un punto suave. Resumiendo, los materiales que se necesitan son: escayola, pigmentos minerales y cola animal. Intentar extractar un procedimiento artesanal antiguo tienen el inconveniente de que existen tantas recetas como artesanos, todas ellas válidas y contrastadas, por lo que aparecerán distintas fuentes que incorporen matices a lo anterior, siendo esto una circunstancia normal. También se da la circunstancia de que aparecen nuevos materiales que son asimilados por sus propiedades, como el yeso Alamo 70 —marca comercial de Hebör Española, S.A.— que aporta una mayor dureza a las piezas elaboradas.

La cola animal se disuelve al baño maría en agua, con objeto de conseguir la mezcla con la escayola en polvo. Actúa como retardante de fraguado de la pasta pigmentada de escayola, y dependiendo de su concentración permitirá más o menos tiempo de trabajo. Siempre sobre la cantidad de 10 litros de agua, se cambia el volumen de cola animal para permitir más o menos tiempo de trabajo; así, por ejemplo, el agua cola de 300 estará formada por la disolución de 300 ml de cola animal en 10 litros de agua. Si la masa es compleja de formar, utilizaremos agua cola de 500 o más; en cambio para las lechadas entre lijas se usaran agua cola de fraguado más rápido (150). Normalmente, al terminar la disolución en agua de la cola, se le añade un litro de cal apagada para evitar su putrefacción.

Se realizan las masas de escayola dándoles color con los pigmentos minerales, formando las pastas con el agua de cola de forma que permita su endure-



Figura 2
Cola animal en perlas



Figura 3
Componiendo la masa del estuco

cimiento posterior. Pascual Diez dedica a esta fase su capítulo VI: *Modo de hacer el Estuco en general.*

> El color se puede mezclar con el yeso en el principio, y será mejor, pues la operación será mas pronta, y mas bien hecho la mezcla; la práctica enseñará muchas cosas que no es fácil explicarlas.
>
> Hecha esta masa de un solo color, como queda dicho, se divide en dos, tres ó mas porciones, una mayor que otra; á estas porciones asi separadas se agrega á una mas color, á otra mas yeso, de modo, que cada una tenga un color diferente, mas ó menos subido, según dominen los colores del Jaspe que se va á imitar: estas masas asi dispuestas, se toman una por una en cortas porciones, según sea mas conveniente, y se van uniendo hasta hacer de todas ellas un monton, y que parezcan una sola masa.
>
> Claro es que el modo dicho es muy general, y casi no será bastante para muchos; por lo mismo no puedo menos de decir, que el modo de unir las masas en casi diferente en todos los Jaspes que se han de imitar, porque según sean, asi se unirán las masas; en los anubados se unen de un modo; si es de vetas, de otro; y si son de diversos colores las vetas, se hace una masa muy suave del color que pide, y estas vetas se ponen unas veces al tender la masa, y otras al hacerla.

Esta es la parte de la operación que contempla más variedades, fruto de la experiencia personal de cada artesano; Pascual Diez dedica el capítulo 10: *Modo de imitar algunos Jaspes particulares* a esta cuestión. Los resultados pueden ser todos distintos ya que las mezclas de colores son infinitas, así como la variedad de vetas y las composiciones en su estructura. Las piezas que se pueden fabricar pueden tener todas las formas posibles, desde aplacados sobre molde perimetral, vaciados en moldes con forma, cornisas y molduras aterrajadas, etc.

Centrándonos en la formación de placas y una vez compuesta la masa sobre el molde, ésta empezará a endurecer percibiendo el aumento característico de temperatura. Para conseguir el pulido de la superficie se trabajará con herramientas y materiales abrasivos, al estilo del trabajo de la piedra natural, haciendo un primer desbaste con un rascador y un cepillo de carriles, por ejemplo; con ello se conseguirá una superficie sensiblemente horizontal. El trabajo siguiente, hasta conseguir erradicar los defectos de planidad, se realizará mediante piedras abrasivas o lijas en húmedo, de mayor a menor grano. Con el cambio de lijas se extenderán, sobre la superficie, lechadas con los mismos materiales que la masa (y menor proporción de agua de cola), para ir rellenando los pequeños defectos que puedan existir.



Figura 4
Componiendo la masa

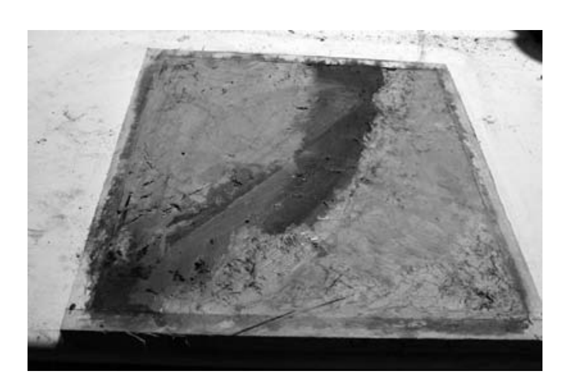


Figura 5
Masa desbastada y repretada



Figura 7
Corte y vaciado de la pieza

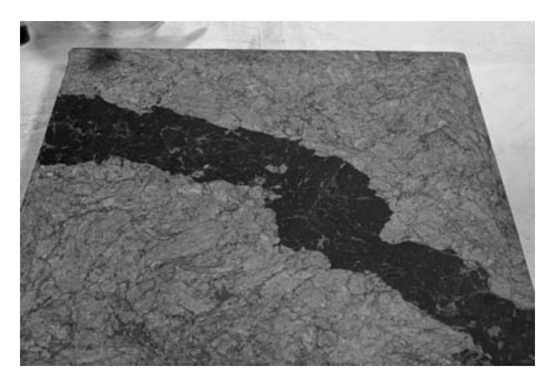


Figura 6
Resultado de los primeros pulidos



Figura 8
Taraceado terminado

El estuco de yeso también admite trabajos de taraceado,[2] para ello se realiza el vaciado sobre la pieza sin terminar de pulir, previamente se ha trazado el dibujo, y con la ayuda de cuchillas y formones de punta corriente se realizan cortes y vaciados en la masa.

El pulido terminará con varias manos de lija al agua, cada vez más fina, hasta llegar al grano 1.200, que dejará la superficie con brillo. Es necesario intercalar entre lijas las lechadas que irán cubriendo las pequeñas irregularidades que la lija no pueda corregir. Se trata de un proceso lento ya que entre mano de lija y lechada y el siguiente pulido hay que dejar un día de fraguado y pérdida de humedad.

Cuando la pieza está completamente seca se encera para mejorar su impermeabilización y aumentar su brillo, la variedad de materiales (cera de abeja, cera de carnauba, aceite de linaza, aguarrás, trementina) y de las mezclas entre ellos hace imposible dar una propuesta propia, y dejar para la práctica la mejor mezcla, tal y como indica el autor al final de su obra:

> Si faltase algo de primor, podrá desde luego el Maestro persuadirse á que no están todas las maniobras bien executadas, ó que los materiales no son buenos; pero la misma práctica y experiencia le enseñarán á corregir todos los defectos que note.

Notas

1. La bibliografía cita a Giovanni da Udine (1487-1564) con el título de especialista en Grutesco y Estuco. Discípulo de Rafael, sus composiciones estaban formadas por adornos de escayola (guirnaldas de flores y frutas, espigas, peces, fuentes, etc.) y pinturas al fresco.
2. Guido Fassi (1584-1649) de Carpi (Italia), dejó numerosas obras de «scagliola intarsiata», en confrontación a la técnica impulsada por los Medicis en Florencia a través de los talleres del «Orificio delle pietre dura».

Lista de referencias

Azofra, Eduardo. 2006. «Obras de diversa índole y la fase final de la transformación del entorno catedralicio de Ciudad Rodrigo bajo la dirección de Juan de Sagarvinaga (1761-1792)». *De arte* 5: 157-170.

Demerson, Paula y Jorge. 1982. «La Sociedad Económica de Amigos del País de Ciudad Rodrigo». *Cuadernos de Historia Moderna y Contemporánea* 3: 35-59.

Navascués, Pedro. 1991. «Introducción al arte neoclásico en España». *Neoclasicismo*: 9-10.

Pasqual, Ramón. [1785] 1988. *Arte de hacer el estuco jaspeado ó de imitar los jaspes a poca costa, y con la mayor propiedad*. Edición Facsímil con estudios introductorios de Nieto, José Ramón (el tratadista don Ramón Pasqual Díez), 13-47 y Mata, Salvador (los estucos de yeso: el pasado en el presente), 35-59.

Ros, Francisco. 2000. «El Retablo Mayor de estuco de la parroquia de Omnium Sanctorum de Sevilla (1791-1793)». *Laboratorio de Arte* 13: 153-172.

Sánchez, José María. 1996. «La Real Orden de Carlos III de 1777 y la implantación de los Retablos de estuco en el Arzobispado Hispalense». *Archivo Hispalense* 238: 123-141.

Fábrica y fama de los acueductos novohispanos: De la peregrina «Targea» y «Arcos» de Santiago de Querétaro

Luis J. Gordo Peláez

> Obra tan singular y peregrina que sólo renaciendo de si mesma, como el Phenix, podrá tener semejante en el Mundo, y en las Historias.

Con la edición de su *Relación peregrina*, publicada en México en 1739, el jesuita Francisco Antonio Navarrete daba inicio al numeroso repertorio de descripciones que, durante las décadas venideras, elogiarían la magnífica fábrica del acueducto queretano. El 17 de octubre de 1738, tras algo más de doce años de trabajos, la «Targea» y «Arcos» quedaban felizmente concluidos para regocijo de la población, satisfacción del cabildo municipal, y mayor gloria de su principal bienhechor, Juan Antonio de Urrutia y Arana, marqués del Villar del Águila. Aquella «famosísima obra de la cañería y arcos por donde viene la agua limpia a la ciudad» fue una construcción «sinsegunda», ejemplo del creciente protagonismo que adquirirán las obras públicas en el virreinato novohispano durante el siglo XVIII (Zelaá e Hidalgo 1803, 5).

Querétaro, el marqués del Villar del Águila y la fábrica de la «Targea» y «Arcos»

En 1680, a la par que elogiaba las bondades industriosas y edilicias de la ciudad, Carlos de Sigüenza y Góngora manifestaba la opulencia hídrica de esta urbe mexicana en la que «no ay alguna [casa], por pequeña que sea, que no tenga agua de pie o de la que brota en los poços u de la que se les comunica por targeas de cal y piedra en que se passea por todas las calles de la ciudad» (Sigüenza y Góngora 1680, 4).

En su recorrido por el norte del municipio, el río Querétaro proporcionaba agua a campos de labranza, huertas, molinos, haciendas, obrajes, y batanes a través de su conducción mediante acequias (Díaz 1881, 25-26). Aunque esta «Tercera Ciudad del Reino» era descrita como un ameno vergel, eran graves los problemas de salubridad a los que se exponía a la población por falta de un adecuado abastecimiento de agua: «Qué podía producir la agua antigua, albañal inmundo, que limpiaba las hezes de las Casas, Obrajes, Ropas de enfermos. Qué podía causar, sino muchas enfermedades en aquellos que, como dicen, a más no poder echa[n]do el pecho a el agua por no tener posible para otro socorro, se echaban aquella agua inmunda a pechos?» (Castrillón 1744, 35). Parecer compartido por el Padre Alcaraz, quien advertía como el ánimo del marqués era darle a la ciudad aquella necesaria conducción hidráulica que era «un thesoro que le faltaba para complemento de la opulencia que goza y esmalte de las varias perfecciones que la ilustran».[1]

Los episodios biográficos más singulares del marqués se desarrollaron en la capital del virreinato novohispano, en la que transcurrieron acontecimientos memorables de su trayectoria personal y profesional, y en el entonces floreciente municipio de Querétaro, adonde se trasladaría en 1713, tras su renuncia al corregimiento mexicano. La historia del acueducto co-

mienza con la llegada a la ciudad, en 1721, de la «religiosísima familia de Señoras Capuchinas», quienes lograrían «pulsar el corazón» del marqués, lamentando la carencia que padecían de «agua limpia para los precisos menesteres de una tan limpia y pura comunidad». La ciudad entera requería de una nueva red de abastecimiento hidráulico que proporcionase a la población agua abundante y saludable. Argumento defendido por el Padre Navarrete al señalar que Querétaro tenía «agua sobrada» pero carecía de «la pureza, limpieza, y claridad». Se halló que la más grave de las necesidades que padecía la ciudad «era no tener agua para beber, en medio de tener tanta agua para regar» y para las demás industrias (Navarrete 1739, 31-34). Dicho año de 1721, el virrey marqués de Valero, ordenaba que el cabildo municipal procediese con las diligencias oportunas para lograr una nueva traída de aguas. Durante los siguientes cinco años se sucedieron los informes y proyectos de medidores y peritos, y los constantes pareceres y decretos sobre la manera de repartir el coste de las obras. Trabajos en los que el marqués tendría un papel protagonista (Urquiola Permisán 1998, 60-67).

Entre las cualidades que, a decir de sus aficionados, adornaban al marqués se distinguía el esmero con que cumplía sus funciones públicas. Algo que había tenido oportunidad de demostrar durante su mandato como corregidor de la capital del virreinato (Septién y Septién 1999, I, 116-117). En Querétaro tendría también ocasión de mostrar sus cualidades morales, dotes de gobierno y compromiso con el bien común de la ciudad. La piedad, la constancia, la prudencia, la generosidad, y el pundonor fueron atributos, aplicados al marqués por sus admiradores, con los que logró proporcionar un «nuevo lustre» a la ciudad de Querétaro, beneficiada de las «abundantes corrientes de agua limpia, suave y apetecible» que recorrían sus calles. Entre quienes alabaron la vida del marqués, su labor y virtudes eran equiparadas a célebres personajes de la mitología y la historia clásica, de los relatos bíblicos, y de los hechos de la Iglesia y el Papado. Entre otros, era identificado con Neptuno, Hércules, Elías, Ezequiel, Moisés, los emperadores Agripa y Claudio, y los Papas Nicolás IV, Pío IV, y Sixto V. Tampoco faltaron los panegiristas para los que el acueducto suscitaba tal admiración que debía ocupar un lugar digno en la historia de las obras hidráulicas desde la Antigüedad hasta la Edad Moderna, siendo las edificaciones romanas el más autorizado y grandioso precedente, al que convenía igualar en envergadura y belleza. El acueducto queretano era visto como una obra tan costosa y magnífica que podía competir con los de Roma y el marqués con aquellos «romanos héroes» que los habían edificado.[2] Opinión compartida por el italiano Beltrami, quien decía: «c'est un ouvrage digne des Grecs et des Romains» (Beltrami 1830, II, 38-39).

Durante el proceso de edificación, el marqués participó activamente en el seguimiento de los trabajos, ejerciendo como superintendente de las obras «en virtud de un despacho superior del excelentísimo señor marqués de Casafuerte», virrey de Nueva España (Gómez de Acosta 1997, 122). Demás de los pesos que «erogó de su bolsillo», fue continua su «asistencia y dirección» durante el tiempo que duró la construcción (Septién Montero 1976, 50). El Padre Navarrete alababa su compromiso y afirmaba que algunas de las razones por las que el coste de la fábrica no había sido superior eran la «summa vigilancia, industria y aplicación del Señor Marqués, quien olvidado de lo elevado de su carácter, del adelantamiento de sus proprios [sic] intereses, del regalo, y assistencia de su casa, de su salud, y aún de su vida, se sacrificó todo por el zelo del bien común». Ese cuidado por las obras públicas le convertía en un personaje digno de elogio, comprometido y adelantado a su tiempo, preámbulo de esa cultura y sociedad ilustrada que arraiga en los territorios novohispanos en el último tercio del siglo XVIII. En los relatos de la época se le presenta acudiendo diariamente a las obras, escalando paredes, subiendo andamios, y proporcionando materiales de construcción a albañiles y peones.

Dos eran los principales condicionantes a la hora de ejecutar este tipo de obras hidráulicas, presentes también en el acueducto de Querétaro. El primero, técnico, requería disponer de uno o varios manantiales relativamente cercanos al municipio, provistos de buena y abundante agua, y realizar su conducción a la ciudad. El segundo era económico. Dado que se debía trazar una canalización que salvara todas las dificultades del terreno y facilitara la traída del agua, estas obras requerían de un cuantioso dispendio del que carecían los municipios y que se mantenía con las posteriores labores de mantenimiento. Afortunadamente, para mayor alborozo del cabildo municipal y de la población queretana, el marqués haría frente a gran parte de tan costosa infraestructura hidráulica, sufragando la cantidad de 82.987 pesos, casi tres

cuartas partes del gasto total de la edificación. En cuanto al resto de bienhechores y contribuyentes de la obra, los vecinos de Querétaro, principalmente los dueños de los obrajes, corresponderían con la segunda mayor cantidad. A ello se añadiría la donación de un «bienhechor del Colegio de la Santa Cruz», el pago de una «condenación» aplicada a la obra, y el dinero aportado por los bienes de Propios de la ciudad, entre los que se encontraba el cobro de sisas sobre los abastos públicos y «otras utilidades dimanadas de la Agua» o concesiones «que para su uso han comprado conventos y vecinos». El coste total ascendía a 124.791 pesos. Dada la singularidad de la obra, se acordó que, «para el eterno recuerdo», parte de la información sobre su coste fuera incluida en el letrero que, «rubricado en piedra», se añadió «en la misma Caja de la Agua» de la plaza de la Cruz (Castrillón 1744, 47).[3]

En el desempeño de sus tareas como «sobreestante y administrador» de las obras, el marqués no estuvo solo. El coronel José de Urtiaga Salazar y Parra, quien por entonces cumplía las funciones de alférez real y regidor más antiguo de la ciudad, ejerció como su «fiador» en las escrituras de la fábrica y ayudante en la administración y coordinación de la obra hasta su conclusión. Comprometido también con el bien común de Querétaro, este alférez real acudió con frecuencia a supervisar la construcción en La Cañada, quedando a su cargo, entre otras labores, «las pagas de obra» o el cuidado de los «aprestos e instrumentos necessarios para su prosecución». Entre los utensilios e ingenios empleados en la obra, sabemos que los oficiales y peones recurrieron a «multitud de tornos» y demás instrumentos necesarios para la elevación, sujeción y movimiento de materiales, tales como «garruchas» o poleas, «maromas, lazos, reatas, lías de cuero» y resistentes sogas, frecuentemente de esparto; así como «cubos, cajones» y otros recipientes (Navarrete 1739, 48, 60-61).

Son interesantes las alusiones del Padre Navarrete a elementos, materiales y técnicas constructivas empleadas en esta fábrica que nos remiten al lenguaje y artes de los maestros de arquitectura e ingeniería hidráulica de la Edad Moderna, y que presentan a este jesuita como aventajado conocedor de dichas labores. Algunos de estos términos y conceptos técnicos son expresados, no obstante, con una intención moralizante, como, por ejemplo, con el parangón que establece entre la arquitectura de la obra y las virtudes de aquellos que promovieron su fábrica (Navarrete 1739, 69-70). En el «romance jocoserio» que antecede su descripción de la atarjea se mencionan también, a través de retóricos versos, otros términos que nos remiten, ineludiblemente, a las conducciones de agua y al trabajo de maestros especializados en la fontanería y ejecución de «ingenios». Tacos, ventosas, gorrones, codos, caños, arcos, mezcla, piedras, engrudo, zulaque, y pipas son cuidadosamente enumerados por el jesuita en su poética descripción de la ciudad, de sus bondades hídricas y de sus maravillas hidráulicas.

Un tema relevante fue el papel protagonista que los naturales de Querétaro tuvieron en todas las fases de edificación del acueducto. En los festejos que siguieron a la conclusión de las obras, en 1738, participó también el gremio de los indios, tanto en la comitiva que paseaba por las calles como en la composición de una loa que detallaba dos aspectos esenciales de la nueva conducción hidráulica. Primero, el beneficio común que recibía del agua la entera población y por el que debían rendir gracias «Mulatos, y Negros, Españoles, y los Indios». Y, segundo, la reivindicación del trabajo indígena, imprescindible en la fábrica del acueducto, donde «desde el principio hasta el fin ellos solamente han sido los que a costa de trabajos han dado agua a los vecinos. Ellos han hecho la Alberca, ellos, pisando peligros, han hecho la Tarjea y Arcos, las Pilas, cal y ladrillos. Y aunq[ue] ha sido bien pagado su trabajo, concluimos que mucho más fuera el costo, si ellos no huvieran servido» (Navarrete 1739, 79-83).

El «Ojo del Calpulín» y la conducción del agua a la Loma de la Cruz

Dos fueron las zonas, al noreste y sur de Querétaro, donde se reconoció el terreno intentando hallar «que agua sería la mejor, la más limpia y permanente para conducirla a la ciudad». Se comenzó por el sur, registrando las aguas del río «que en este país llaman del Batán». Las dificultades que una conducción debía afrontar desde dicho emplazamiento desaconsejaron pronto esta opción. Por el contrario, los terrenos registrados al norte de la ciudad resultaron mucho más favorables. Allí se reconocerían «uno por uno los ojos de agua y manantiales que pagan tributo con un moderado caudal al Río, que de Norte a Poniente

baja por una Cañada, que es... el más deleitable y apetecido recreo que tiene Querétaro para su diversión». Sería en este paraje, ensalzado por la abundancia de sus aguas y lo tupido de sus arboledas, donde se hallaría el manantial que proporcionaría el agua necesaria para la nueva conducción. Este manantial, llamado «Ojo del Calpulín», sería la «franca puerta» donde se «descubrió el mar que [se] conduxo a la ciudad», origen de una «obra tan prodigiosa que dudamos tenga semejante en los Annales y en las Historias» (Navarrete 1739, 37-38).

Fueron los medidores Nicolás Díaz y Miguel José Díaz, «en concurso de otras muchas personas» representando al cabildo municipal, quienes en 1721 hicieron las averiguaciones y mediciones oportunas en La Cañada, acordando que el agua del Calpulín era la más apropiada por su calidad y peso (Urquiola Permisán 1998, 56-60). Estos cuidados previos, así como los cálculos de distancias y de desnivel del terreno, para los que también se requirió la asistencia del maestro en arquitectura Diego de Andizabal, eran considerados necesarios por los maestros en materia hidráulica, incluidos los novohispanos Fray Andrés de San Miguel y José Sáenz de Escobar. Tras cavar un pozo o «fosa de seis a siete varas de profundidad», que facilitara el acceso hasta el agua, se creó una primera alberca o depósito de captación que permitiera almacenar el caudal de aquellos «manantiales que brotan en el fondo». Este recinto estaba formado por «quatro dilatados lienzos de cal y canto», de sólida fábrica y trazado irregular. En su interior se crearon dos depósitos, de 4,20 metros de profundidad el mayor y 5,50 el menor, donde el agua quedaba «forrada mediante el arte p[ar]a q[ue] su flujo pueda alcanzar al correspondiente nibel de acueducto». Así lo advertía en 1765 el agrimensor Felipe Zúñiga y Ontiveros al emitir su parecer en contra del proyecto de apertura de unas zanjas que afectarían el caudal de agua y «perdida la altura necesaria en la alberca quedaba inservible una obra tan pulida, útil y costosa como la de la conducción, arquería y fuentes q[ue] mediante de ella abastesen esta ciudad, la cual lamentara su magnífica obra q[ue] entre las suntuosas que adornan el Reyno no logra el último lugar».[4] Esta alberca, «en que se admira el arte de haber reducido en ella a un rico depósito las aguas de varios ojos y veneros», estaba rodeada de un elevado y fuerte muro de mampostería que aislaba las aguas de robos y de cualquier elemento que la corrompiese, permaneciendo así «escondidas del humano comercio». Ello redundaba en beneficio de la salubridad de la población, de la que se decía «bebe la agua más limpia y pura que qualquiera otra ciudad de esta nuestra América». Dicha pared estaba provista de un andén interior, de una vara de ancho, para el paso y labores de limpieza; de una compuerta para desagüe; y de un restringido acceso. Como adorno, se añadió en su interior «un bien labrado nicho en que se colocó una pulida estatua de San Antonio», ya desaparecida, y una inscripción grabada «por donde consta haberse fabricado a espensas del cabildo» (Morfi 1856, I, 319).

Desde esta alberca se iniciaba una laboriosa conducción hidráulica debido a la intrincada orografía del terreno y a la distancia que mediaba entre el nacimiento de las aguas y la ciudad. En uno de los laterales de la alberca, en el costado orientado hacia el poniente, se abrió una «boca» o toma por donde el caudal pasaba directamente a los canales de la atarjea que, en su recorrido a la ciudad, discurría de norte a sur, de oriente a poniente, por uno u otro lado del camino, siguiendo «lo empinado de las cuestas» y «lo profundo de las quebradas», alzándose sobre arquerías o «escondiéndose totalmente a la vista». Ese trazado obligó a vencer dificultades como lo «encarrujado» de los cerros, las vueltas y revueltas de La Cañada, las duras peñas, y el extenso «bajío» por donde transitaba el acueducto. Impedimentos que eran comparados a los que debieron superar los acueductos de Roma (Navarrete 1739, 38 y 41-43). De este trayecto, parcialmente oculto a la vista, que llevaba la cañería en su camino a la ciudad, se decía que «viene en largos trechos por dentro de los cerros», presumiblemente mediante la fábrica de galerías o minas (Zelaá e Hidalgo 1803, 5). Gutiérrez Dávila alababa la voluntad del marqués en conducir el agua hasta la ciudad a pesar de los grandes desafíos que ofrecía el terreno para la ingeniería hidráulica de la época, comparándolo incluso con las conducciones a Jerusalén del rey Ezequías.

Entre los muchos embarazos que supuso conducir el agua, el más sobresaliente fue atravesar el valle que mediaba entre «el llano que llaman de las Carretas» y la loma donde se alzaba el «Colegio de los Religiosos Apostólicos, que aquí llaman de la Santa Cruz». Primer Colegio de Propaganda Fide de América, erigido sobre una colina «desde la que se registra toda la Ciudad, su hermosa campaña, y la dilatada

llanura que por el Poniente y Mediodía la rodea». La solución para vencer la profundidad de aquella pendiente quebrada y que «no perdiesse la agua la altura, que con tanto costo y trabajo traía en corriente desde su nacimiento y desde la Alverca» consistió en edificar un acueducto de manera que el agua «no corriesse por la tierra sino que volasse por el ayre» (Navarrete 1739, 43-47). El auge de la ingeniería hidráulica y el estudio de los vestigios y las fuentes documentales de la Antigüedad se materializó, desde el siglo XVI, en la fábrica de acueductos tanto en la metrópoli como en los territorios americanos. La concepción romana del acueducto fue perfectamente asimilada por los maestros en arquitectura a ambos lados del Atlántico. En el Nuevo Mundo estas edificaciones alcanzaron particular envergadura y monumentalidad, siendo la de Querétaro una de las obras hidráulicas más colosales en territorio novohispano.[5]

Entre los mayores impedimentos que podía afrontar una conducción de estas características cabe mencionar «lo dilatado del valle», que hacía necesario erigir numerosos arcos; el «suelo poco firme», que conllevaba una buena y alineada cimentación y unos sólidos materiales de construcción; y la «grande profundidad del terreno», que requería alzar unos pilares robustos y de gran altura. Para el asiento de los pilares se recomendaba un emplazamiento sobre roca y tierra firme que consolidara la obra y proporcionara solidez. En Querétaro, dada la envergadura de las setenta y dos «pyrámides» o pilares y 74 arcos que recorrían el valle «fue preciso ahondar tanto para encontrar la solidez y firmeza que gimieron largo tiempo los cerros y las caleras». En efecto, se recurrió a grandes cantidades de piedra y cal con las que componer aquellos «profundísimos sepulcros» en que se convirtieron los cimientos, que presentaban unas dimensiones de 5 varas de frente, 20 de «bogeo» [o perímetro], y 14 de profundidad. Los pilares, de 4 varas de ancho, 16 de perímetro, y 27 de altura, transmitían una imagen monumental comparable a la de otras grandes urbes de la Antigüedad, hasta el punto que Querétaro no tenía «que embidiarle a Roma sus agujas y obeliscos, ni a Memphis sus Pyrámides» (Navarrete 1739, 47-48). Estos pilares fueron también reforzados por medio de cuerpos de mampostería adosados y escalonados que ejercían funciones de contrafuerte. Los arcos se ejecutaron en medio punto, siendo cada uno de 34 varas de altitud y 7 de curvatura. Para su alzado se requirió de una cuantiosa cantidad de madera, «selvas enteras de planchas, maderos y vigas», necesaria para crear «las cimbrias» que permitían voltear los arcos de tan elevada fábrica.

Mampostería y argamasa fueron los materiales empleados en gran parte de la construcción, mientras que el uso de buena cantería labrada se redujo a la cimentación, las dovelas de los arcos y la consolidación de los ángulos de los pilares. Se distinguía esta sillería por su tonalidad rojiza de la que en 1777 Antonio de Ulloa decía estaban hechos en la ciudad «los más de los edificios» (Solano 1979, 52). Todo este recorrido de la atarjea hasta la ciudad se prolongaba «por espacio de más de 12.000 varas», de las que 1.640 correspondían al «agüeducto o arquería» (Septién Montero 1976, p. 50).

En el tramo final de esta conducción, el acueducto era reemplazado por «una elevada y fuerte muralla en la subida de la cuesta de la Loma», de camino al Colegio y plaza de la Cruz. Este sencillo y compacto muro de mampostería, aún visible hoy en la calle Veinte de Noviembre, albergaba los conductos del agua y se elevaba a la altura necesaria para mantener un volumen de caudal constante en su recorrido. Con este trazado se pretendía dotar de agua al colegio franciscano y paliar así las tremendas fatigas que dicha comunidad había padecido en otros tiempos, al «faltarle la agua de continuo, pues sólo tenía una trabajosa noria bien distante, que con grandes afanes labraron los Religiosos Recoletos» y un aljibe de principios del siglo XVIII (Espinosa 1746, I, 57). Esto explica que se modificara el proyecto original, menos costoso, que suponía trazar 108 arcos de menor altura y una atarjea que llevaba el agua hasta el centro urbano, sin alcanzar al mencionado colegio (Urquiola Permisán 1998, 60-61). Con las ingeniosas conducciones que se proyectaron en torno a dicho cerro se consiguió que el agua corriese por el interior del convento, de manera que «la cogen los Padres en los claustros altos y en sus propias celdas sin bajar las escaleras; cosa rara y que no he visto en ningún otro convento» (Ajofrín 1958, I, 186).[6]

«Repartimiento de las aguas»: La caja de la Cruz y las «pilas públicas»

En 1735, en su recorrido descendente desde el cerro de la Cruz, el agua llegaba finalmente a la caja prin-

cipal «que con todo primor está fabricada en la Plazuela de la Santa Cruz». Dada su localización elevada, en el extremo oriental de la ciudad, esta caja cumplía una doble función, de acopio y filtrado del agua hasta allí canalizada a lo largo de unas dos leguas, y de distribución de la misma por la red viaria. Aquella caja, de cantería rojiza y fábrica sencilla, fue también el emplazamiento de la primera fuente pública, «una hermosa pila para beneficio y alivio de un grande barrio que al atractivo del Santo Colegio de Missioneros Apostólicos, que allí está fundado, vive gustoso» (Navarrete 1739, 45 y 49-50). Adosada a uno de los frentes de la caja, la fuente estaba provista de una pila inferior en cantería, adornándose por encima con las armas reales, una inscripción conmemorativa, y «una hermosa estatua de la piedra tecale», originalmente dedicada a la advocación mariana del Pilar. Una pequeña figura de león esculpida, de cuyas fauces salía el caño de agua en bronce dorado, completaba el diseño de esta fuente.

El agua se distribuía a las restantes fuentes mediante ramales de conductos subterráneos que, depositados en zanjas abiertas en las calles, podían ser de piedra, madera, plomo, o barro cocido, también llamados «arcaduces» (San Miguel 2007, 297). En toda conducción hidráulica, uno de los grandes trastornos era comprobar, una vez completada la canalización y labradas las fuentes, que el volumen de caudal que llegaba a la urbe era insuficiente o nulo. Afortunadamente éste no fue el caso de Querétaro y los vecinos tuvieron ocasión de celebrar la feliz llegada del agua a las pilas de la ciudad con acompañamiento de autoridades y la preceptiva bendición religiosa (Zelaá e Hidalgo 1803, 148-149). Esta última fase de toda conducción era la menos dificultosa desde el punto de vista técnico. Sin embargo, adquiría relevancia debido a que las fuentes, demás de cumplir una función de abastecimiento público, tenían también una finalidad de ornato y embellecimiento urbano. Factores que determinarían su emplazamiento en la ciudad y su traza. Las plazas serán el lugar adecuado para la ubicación de las fuentes al ser espacio de concurrencia de vecinos, de emplazamiento de mercados, y de celebración de festividades y ceremonias civiles y religiosas.

Las primeras diez pilas públicas erigidas entonces en Querétaro fueron «colocadas en parages cónmodos [sic] para el beneficio común». La principal se alzó en la plaza mayor, «donde están las Casas Reales», la segunda en la plaza de Abajo o de San Francisco, la tercera en la plaza del convento de Santa Clara, y las otras siete restantes en diversas zonas de la ciudad. Dado que la voluntad del cabildo y del marqués era lograr el abastecimiento de la mayor gente posible, estas cañerías se prolongaron hasta el interior de la Cárcel, las Casas Reales, los «sagrados conventos, así de religiosos como de religiosas», y las principales casas de la ciudad, de manera que en 1739 se contaban ya, al menos, sesenta pilas por todo el municipio (Gómez de Acosta 1997, 122-123). En 1803, el número de fuentes públicas en las calles y plazas de Querétaro había aumentado ya a veintidós (Zelaá e Hidalgo 1803, 9).

Estas fuentes respondían a dos modelos formales, habituales durante la Edad Moderna, en los que se acentuaban diferentes valores en su fábrica, arquitectónicos para el primero y escultóricos para el segundo. El primer modelo, de gran funcionalidad por su doble uso para abasto humano y como abrevadero de animales, se corresponde con las fuentes que disponían de un pilar o pila inferior adosada a un muro, del que emergen los caños de agua. Esta fuente resultaba particularmente útil en los accesos al municipio, dado el continuo tránsito de caballerías y otros animales. La fuente de la Cruz, situada cerca de la entrada a Querétaro por el Camino Real de México, respondía a este diseño. La fuente junto al convento de Santa Clara también debió estar adosada a una pared, tal como se intuye por el plano de la ciudad de 1796. Estaba formada por una pila inferior y un mascarón, labrado en el muro a modo de «media cabeza de piedra», sobre el que se situó «un cañoncillo de fierro que, como si fuera cargado fusil, dispara con elevado impulso tan crystalina munición» causando el general asombro.

La segunda tipología de fuente se correspondía con las formadas por un bloque exento o columna erigida en el centro e interior de una pila. Ubicadas en el centro de una plaza, estas fuentes estaban formadas por una pila inferior en cantería y de planta circular o poligonal; y una columna central, en piedra bien labrada y acompañada de diversas tazas con forma semiesférica. A este modelo respondían la fuentes de las plazas Mayor y de San Francisco, a las cuales se quiso dar protagonismo por su elevación «sobre tres gradas de piedra de cantería» y por su diseño y buena ejecución, «tan cabal que la arte y la curiosidad no echan menos cosa que deslustre su ma-

gestuosa perfección». Aquella primera fue dotada de una pila, en cantería y de forma ochavada; un «hermoso y bien labrado» pilar central, dividido en dos cuerpos en altura; dos tazas «de metal», una encima de otra, «de tan gallarda estructura que sólo una talega de mil pesos pudo costear su primor»; y un globo de remate, también en «metal» o bronce, «lleno de taladros por donde brolla la agua risueña». De elaborada ornamentación, la fuente de San Francisco disponía de un pilar central de cantería labrada en forma de follaje, una «ochavada y vaciada taza de metal», y una «hermosa y avultada estatua» de metal que remataba el conjunto. Figura que representaba al dios Neptuno con su tridente y fue dotada de un ingenioso juego de artificio (Navarrete 1739, 51-53).

«Gloria» de Querétaro: Fama y notoriedad de tan peregrina obra novohispana

Dos días después de la bendición de las fuentes, el 19 de octubre de 1738, Fray Manuel de las Heras oficiaba una solemne liturgia de acción de gracias por la llegada del agua a la ciudad. Los festejos costeados por el cabildo municipal para celebrar tal acontecimiento se prolongaron «por espacio de quince continuados días». Período en el que se prodigaron las más singulares fiestas y regocijos, «admirables al juicio, divertibles a la vista, y suaves al oído». Celebraciones de mucho y vistoso aparato en las que sobresalieron las composiciones poéticas, los acompañamientos musicales y las ingeniosas «máquinas» o carros que recorrieron las bulliciosas calles de la ciudad. Tal fue el espectáculo que «todas las Musas del Parnaso parece que se trasladaron a Querétaro». Fue una multitudinaria muestra de agradecimiento de toda la sociedad queretana que, al fin, parecía disponer de algo esencial: abundante y saludable agua.

El eco de la nueva «targea» en aquellos años coetáneos y posteriormente es abrumador. El Padre Alcaraz advertía el afán de Querétaro en mostrar su agradecimiento por la fábrica de tan notable acueducto, e indicaba que éste debía perpetuarse «por medio de las prensas», estampándose el relato de todos aquellos hechos y festejos «para que a pesar del tiempo y del olvido suenen de siglo en siglo, dexando assi eternizada su gratitud». Imperecedera memoria que debía hacerse extensible a la figura del marqués, «a cuya zelosa piedad debió [Querétaro] un beneficio tan raro, que son pocos los cien clarines de la Fama para divulgarlo».[7] El Padre Navarrete afirmaba que era máxima de hombres grandes el hacer mucho y hablar poco y que, dado «que el Sr. Marqués hace pero no dice», era tarea pretendida de la ciudad, «como agradecida, que sepan todos lo que calla quien tanto ha hecho» (Navarrete 1739, 1-2). No sabemos si este religioso jesuita intuía ya la repercusión que iba a adquirir aquella obra hidráulica. De lo que sí tenemos constancia es del objetivo con que compuso su escrito: describir tan prodigiosa fábrica y conservar, para la posteridad, la memoria de su ilustre bienhechor. Involuntariamente, o no, Navarrete logró algo más que perpetuar la fama del acueducto y del marqués. Su propia narración quedaría unida a la fortuna de ambos. Así, en 1746, el Padre Espinosa recogía la noticia de la famosa «targea» y del relato compuesto para su celebración, aquella descripción de la ciudad que «dio a la luz... el M. R. P. M. Francisco Antonio Navarrete, Professo de la siempre Ilustre Compañía de Jesús, en la Relación de los Arcos hermosos, q[ue] fecundan las nuevas curiosas fuentes con sus cristalinas aguas» (Espinosa 1746, I, 9-10).

En 1738, el Padre Heras componía un sermón en homenaje a una de las religiosas capuchinas recientemente fallecida. Este relato antecede en un año al publicado por el Padre Navarrete y en él se recoge una de las más tempranas noticias impresas del acueducto, sino la primera. En la aprobación que precede a dicho sermón, Juan José de Eguiara y Eguren alababa al marqués por costear las honras fúnebres de la fallecida Madre Petra y la publicación de la homilía del Padre Heras, y subrayaba también la deuda de la «Noble Ciudad de Querétaro a la beneficentíssima mano» de este ilustre caballero por «tantas piedras como la gran máquina de los Conductos del agua, obra que pudiera ser ruidosa aún en los tiempos en que sólo se celebraban Maravillas».[8] Ese reconocimiento al marqués vino también tras su fallecimiento unos años más tarde. En 1744, Antonio Castrillón publicaba un laudatorio sermón que no sólo ensalzaba su vida, sino que también describía el fastuoso catafalco fabricado para sus honras fúnebres y parangonaba la conducción del agua de Querétaro con las más renombradas obras hidráulicas de la historia, en particular, con los trabajos que ordenó ejecutar en Roma el Papa Sixto V, «dándole felizmente la agua» a través de la monumental «Fontana dell´Acqua Felice» o de Moisés.

Desde estos años la fama y notoriedad de aquella edificación no hizo más que aumentar y difundirse, conservándose siempre unida a la memoria de su promotor. En 1743, el corregidor de Querétaro, Esteban Gómez de Acosta, remitía a la metrópoli su informe en respuesta a la Real Cédula de Felipe V que solicitaba información pormenorizada de las provincias, pueblos y habitantes de Nueva España y Perú. Para entonces la fama «de la cañería y arquería» comenzaba a pregonarse por todas las provincias novohispanas y dicho corregidor hacia llegar su noticia hasta la lejana Corte en Madrid. Muestra de ese interés por dar a conocer una obra «tan magnífica que puede competir con la más celebrada de la Europa» es el hecho de que fuera la primera fábrica de la ciudad descrita con detalle en este informe (Gómez de Acosta 1997, 122). Sin duda, esta aseveración llevaba implícita la voluntad del corregidor y cabildo de Querétaro de mostrar la igualdad, sino superioridad, de las bondades y maravillas de aquellos territorios novohispanos en comparación con otras posesiones de la Monarquía Hispánica. A esta propaganda de la obra del acueducto, tanto en las colonias como en la metrópoli, debió contribuir en mayor medida el célebre *Theatro americano* de José Antonio Villaseñor y Sánchez, publicado en México en 1746 y dedicado al monarca Felipe V. En su descripción de las muchas maravillas que se hallaban en los reinos y provincias de Nueva España, este cosmógrafo real no olvidó incluir una breve reseña de la «famosa obra de la Cañería y Arquería por do[n]de viene las aguas a la ciudad» de Querétaro, y de la actividad y diligencia del marqués del Villar (Villaseñor y Sánchez 1746, I, 92). La importancia de Querétaro durante la época colonial como lugar de concurrencia y tránsito de misioneros franciscanos del Colegio de la Santa Cruz, comerciantes, militares, y funcionarios reales que recorrían el Camino Real de Tierra Adentro, contribuyó a pregonar la fama del acueducto a lo largo del siglo XVIII y posteriormente.[9]

En el minucioso relato de su viaje por Nueva España, el Padre Ajofrín no sólo reunió por escrito sus impresiones de Querétaro, sino que también nos proporcionó un valioso testimonio gráfico de aquel acueducto novohispano. Un par de exquisitos dibujos que nos muestran dos vistas de Querétaro y su orografía desde los costados noreste y suroeste de la ciudad. Éstas fueron dos de las muchas reproducciones del acueducto que se sucedieron a partir del último cuarto del siglo XVIII. Baste recordar los planos de la ciudad, publicados en 1778, 1790 y 1796, en los que se muestra parcialmente el recorrido de los «Arcos».

Aunque son las más antiguas conservadas, éstas no fueron, sin embargo, las primeras representaciones del acueducto. Fueron los propios vecinos de Querétaro los que disfrutaron, el viernes 24 de octubre de 1738, con la primera de las imágenes de esta obra hidráulica durante los referidos festejos de agradecimiento. Costeado por el gremio de los panaderos y trapicheros, el tercero de los cinco ingeniosos carros triunfales construidos para el paseo por la ciudad recibió una minuciosa ornamentación de temática marina que representaba también las principales edificaciones de la nueva conducción de agua, desde La Cañada hasta las fuentes de la ciudad. En «lo más encumbrado de la testera de la triumphal máquina» se colocó una representación de la Virgen del Pilar, como aquella que adornaba la caja de la Cruz. Bajo esta imagen mariana se incluyó también la efigie del «Señor Marqués, sentado sobre la blanda espalda de una parda y hermosa Águila» y acompañado de los dioses Neptuno y Anfítrite que le coronaban de laurel. A sus pies, un figurado león «arrojaba por la boca abundante caño de agua», derramada a su vez sobre una fingida pila que simulaba a la perfección aquella fabricada en la plaza de la Cruz. La cuidada decoración se continuaba por los costados del carro, donde «se formaron de los elevados arcos que fue precisso levantar para que entrara la agua en la ciudad». Arcos que se alzaban sobre ocho pilares, «quatro por cada banda», sobre los que iban ocho ninfas. Esta máquina triunfal se remataba en una «levantada y retorcida punta» donde se situó a un niño vestido de Cupido con arco y flechas. La parte más singular del carro se correspondía con el respaldo, espacio donde se representó toda la conducción de agua, con tanta maestría, minuciosidad, y «acierto del pincel» que despertó el asombro de los vecinos congregados en las calles. Con este maravilloso retrato de la «Targea» y «Arcos» de Querétaro, sostenido por dos ángeles atlantes y acompañado de un «un ovado targetón en que se leía un soneto y una décima en metro acróstico», se daba principio a la fama de una de las mayores empresas hidráulicas de Nueva España, la que «ha hecho célebre a esta ciudad por todo el Orbe» (Navarrete 1739, 125-140 y 161).

Notas

1. *Sentir del R. P. Fr. Manuel Francisco de Alcaraz ...*, en Navarrete 1739, s. p. Para el aspecto de la ciudad a inicios del siglo XVIII véase el plano de 1713, *Tipus seu descriptio zivitatis Queretarensis*, Archivo General de Indias, Sevilla, Sig. MP-MEXICO, 533.
2. *Parecer del P. D. Julián Gutiérrez Dávila ...*, y *Aprobación del R. P. Fr. Fernando de Santa María ...*, en Castrillón 1744, s. p.
3. El texto de la inscripción fue reproducido por Romero de Terreros 1949, 63. La adición de todas las cantidades reseñadas por Navarrete no concuerda con el total. Además, estos datos difieren de los grabados en dicha lápida, donde la cantidad donada por el marqués era superior (Navarrete 1739, pp. 55-56; Septién y Villaseñor 1875, 177; Urquiola Permisán 1998, 67-78).
4. Biblioteca Nacional de España, Madrid, Mss. 1624, «Documentos sobre geografía, población y administración del Estado de Querétaro, en México», [año 1765], 54r.
5. Sobre los maestros que se ocuparon en sus tratados de las conducciones hidráulicas, la fábrica de acueductos, y las mediciones del agua, *cfr.* Loyola Vera 1999, 21-112.
6. Para la topografía de Querétaro y el trazado del acueducto, véase el *Plano Geográfico de la Ciudad de Santiago de Querétaro, Subdividido en tres Quarteles Mayores según lo está en la actualidad / leba[n]tado por el Capitán de Infantería D. Juan Bilbao la Vieja en el mes de Ag.to de 1817*. Real Academia de la Historia, Madrid, Departamento de Cartografía y Artes Gráficas. Ms. Sig. C-I a 50 p.
7. *Aprobación del Dr. D. Antonio de Chaves y Lizardi, Presbytero ...*, en Navarrete 1739, s. p.
8. *Aprobación del Dr. D. Juan Joseph de Eguiara, y Eguren ...*, en Heras 1738, s. p.
9. En el siglo XIX se multiplicarían los relatos y escritos que incluían una mención expresa al acueducto y a su bienhechor. Buena parte de estas noticias provienen de las descripciones de viajeros llegados al Bajío durante los tumultuosos años vividos por la ciudad y el nuevo país en décadas posteriores, tras el nacimiento de la nación mexicana.

Lista de referencias

Ajofrín, Francisco de. 1958-1959. *Diario del viaje que por orden de la Sagrada Congregación de Propagada Fide hizo a la América Septentrional en el siglo XVIII el P. Fray Francisco de Ajofrín*, Madrid: Real Academia de la Historia.

Beltrami, J. C. 1830. *Le Mexique*, Paris: Crevot; Delaunay.

Castrillón, Antonio. 1744. *Oracion funebre panegyrica, con digno honorifico llanto con que la gratitud de la Nobilissima Ciudad de Santiago de Queretaro sintió la muerte de su mas generoso bienhechor el Sr. D. Juan Antonio de Urrutia, Arana, Guerrero y Davila, Caballero del Orden de Alcantara, y Marques de la Villa del Villar de la Aguila*, México: Viuda de Joseph Bernardo de Hogal.

Chanfón Olmos, Carlos (coord.). 2004 *Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicanos. Volumen II: El Período Virreinal, Tomo III: El Surgimiento de una identidad*, México: Fondo de Cultura Económica.

Díaz, Celestino. 1881. *Guía del viajero en Querétaro: apuntes históricos, geográficos y estadísticos de la ciudad*, Querétaro: Tip. de González y Cía.

Espinosa, Isidro Félix de. 1746. *Chronica Apostolica y Seraphica de todos los Colegios de Propaganda Fide de esta Nueva España, de Missioneros Franciscanos Observantes*, México: Viuda de Joseph Bernardo de Hogal.

Gómez de Acosta, Esteban. 1997. *Querétaro en 1743. Informe presentado al rey por el corregidor Esteban Gómez de Acosta; edición de Mina Ramírez Montes*, Santiago de Querétaro: Gobierno del Estado de Querétaro, 1997.

Heras, Manuel de las. 1738. *Mystica piedra cuadrada fundamental del exemplar edificio, del religiossísimo Convento de señor san Joseph de Gracia de religiosas capuchinas de la ciudad de Querétaro ...*, México: Joseph Bernardo de Hogal.

Loyola Vera, Antonio. 1999. *Sistemas hidráulicos en Santiago de Querétaro, siglos XVI-XX*, Querétaro: Gobierno del Estado de Querétaro.

Morfi, Juan Agustín de. 1856. *Viage de Indios y Diario del Nuevo-México*, en *Documentos para la historia de México*; *edición de Francisco García Figueroa*, Tercera serie, México: Imprenta de Vicente García Torres, I, 305-487.

Navarrete, Francisco Antonio. 1739. *Relación peregrina de la agua corriente que para beber y vivir goza la muy noble, leal y florida ciudad de Santiago de Querétaro*, México: Joseph Bernardo de Hogal.

Ordenanza que para la división de la M. Noble y Leal ciudad de Santiago de Querétaro en quarteles menores, creación de alcaldes de ellos, y reglas para su gobierno, [...] México: Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1796.

Ramírez Montes, Guillermina, e Iturralde, José. 1979. *Juan Antonio de Urrutia y Arana, 1670-1743: un ilustre ayalés en México*, Vitoria: Obra cultural de la Caja de Ahorros Municipal.

Romero de Terreros, Manuel. 1949. *Los Acueductos de México en la Historia y en el Arte*, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

San Miguel, Andrés de. 2007. *Obras de Fray Andrés de San Miguel; edición de Eduardo Báez Macías*, México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Septién Montero y Austria, Pedro Antonio de. 1976. *Noticia sucinta de la ciudad de Santiago de Querétaro, comprendida en la provincia y arzobispado de México, reino de Nueva España, en la América Septentrional,* en Florescano, Enrique y Gil Sánchez, Isabel (comp.), *Descripciones económicas regionales de Nueva España. Provincias del Centro, Sureste y Sur, 1766-1827*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: 44-60.

Septién y Septién, Manuel. 1999. *Obras de Manuel Septién y Septién*, tomos I-IV, Santiago de Querétaro: Gobierno del Estado.

Septién y Villaseñor, José Antonio. 1875. *Memoria estadística del Estado de Querétaro, precedida de una noticia histórica que comprende desde la fundación del mismo hasta el año de 1821*, Querétaro: Tip. González y Legarreta.

Sigüenza y Góngora, Carlos de. 1680. *Glorias de Querétaro en la nueva congregación eclesiástica de María Santíssima de Guadalupe, con que se ilustra*, México: Viuda de Bernardo Calderón.

Solano, Francisco de. 1979. *Antonio de Ulloa y la Nueva España con dos apéndices. Descripción geográfico-física de una parte de la Nueva España de Antonio de Ulloa, y su correspondencia privada con el virrey don Antonio María de Bucareli*, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Urquiola Permisán, José Ignacio. 1998. «Aguas sucias ... Aguas limpias. Testimonios sobre el proyecto de conducción de aguas limpias a la ciudad de Santiago de Querétaro, siglo XVIII», en Rivera Reynaldos, Lisette Griselda y Pérez Acevedo, Martín (coord.), *Querétaro: Interpretaciones de su historia: cinco ensayos*, Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Instituto de Investigaciones Históricas, 23-85.

Villaseñor y Sánchez, José Antonio. 1746. *Theatro americano. Descripción general de los Reynos y Provincias de la Nueva España y sus jurisdicciones*, México: Viuda de Joseph Bernardo de Hogal, 1746.

Zelaá e Hidalgo, José María. 1803. *Glorias de Querétaro, en la fundación y admirables progresos de la Muy I. y Ven. Congregación Eclesiástica de Presbíteros Seculares de María Santísima de Guadalupe, de México, con que se ilustra*, México: Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros.

Materiales y elementos constructivos del hypocausis de las termas romanas de Carteia (San Roque, Cádiz)

Amparo Graciani García

Conforme a los usos del momento, en el siglo I d.C., la colonia latina de Carteia, estratégicamente emplazada en la Baetica, en el entorno del Estrecho de Gibraltar, fue dotada de un complejo termal, con el tiempo muy alterado, que es uno de los más interesantes conservados en el SO peninsular. De sus más de 40 salas hoy identificadas, destacan por su valor constructivo las correspondientes al sector calefactado (caldarium y tepidarium), cuyos materiales y elementos constructivos se abordan en estas páginas, incidiendo, más que en las variaciones dimensionales de las piezas —a veces más que intencionadas generadas por problemas técnicos en la cocción o por un corte inexacto—, en la valoración de sus particularidades materiales, técnicas y funcionales respecto a otras coetáneas y en plantear una serie de hipótesis sobre las razones de su uso.

Este estudio, realizado a partir de los escasos y deteriorados restos del sector (en su mayor parte sobreexcavado pero en otro precisado de intervención) y de los indicios constructivos de adiciones de elementos y materiales hoy desaparecidos, contrastados con restos de materiales localizados en distintos basureros del yacimiento y en otros hipocaustos del entorno, completa la información recogida en una publicación anterior (2007) en la que, a través de un análisis paramental del hypocausis de las salas calefactadas, establecíamos las fases constructivas del sector y las reparaciones de su sistema de acondicionamiento; aquellas aportaciones y las que se incorporan surgen de nuestras investigaciones en el marco de un estudio constructivo del complejo encargado a un equipo interdisciplinar de la Universidad de Sevilla dirigido por Tabales Rodríguez en 2006.

Piezas y elementos cerámicas del hypocausto (area, suspensura y pilae)

Piezas para el area

Aunque hasta la fecha, las condiciones del sector, sobreexcavado en la Estancia 14 (en adelante E14) y pendiente de intervención en la 13 (en adelante E13), no permiten conocer qué piezas pavimentaron el area sobre el que se erigían los pilae de los distintos hypocaustos, es probable que el del primero (s. I) se ejecutara con piezas cerámicas, opus signinum o incluso con el mismo mampuesto (caliza margosa o fosilífera ostionera) del opus vittatum de la fábrica original, de la que quedan restos en la E14 y tramos usados como cimentación de la fábrica latericia del muro de separación de las E13 y 14. Cabe igualmente pensar que en el segundo caldarium, que Tabales sitúa entre los s. II y III d.C., se emplearan ladrillos sexquipedales, no sólo porque era la opción más apropiada y común (Vitruvio V, X) (quizás por agilizar la puesta en obra y facilitar el replanteo de los pilae), sino también porque implicaría usar las mismas piezas de la fábrica de dicho caldarium, es decir, medios ladrillos sexquipedales rectangulares amarillos, de unos 30x22x6,5 cm., resultantes de fragmentar transver-

salmente sexquipedales de 45x30x6,5 cm., manteniendo los 30 cm. de su tizón y dividiendo en dos su soga de 45 cm.

Suspensurae

En el extremo Norte de la E13, en un sector aún no excavado, quedan restos de una suspensura (figura 1), ejecutada al modo más habitual a fin de garantizar un mejor aprovechamiento del calor, es decir con ladrillos bipedales y sucesivas capas de opus signinum, que Roldán (1992, 111) enumeraría de abajo a arriba (argamasa gruesa; bipedales; argamasa fina; tierra; argamasa basta y argamasa de preparación del enlosado marmóreo de su pavimento).

Sin embargo, a lo largo del paramento 13NO-14SE hemos identificado restos de una suspensura previa (figura 2) (con leves escalonamientos de pavimentos y suspensura), fácilmente distinguibles por el color rojizo de los bipedales y su menor espesor respecto a los ladrillos amarillos de la fábrica. Dado que una suspensura no puede encontrarse con el muro matriz a fin de que el vapor ascienda por la cámara de concameratio, cabe pensar en la preexistencia de una línea de pilae de un hipocausto anterior, sobre los que, una vez rota la suspensura primitiva, quedarían fragmentos, lo que, como ya expusimos (Graciani 2007) justificaría una amplia serie de anomalías constructivas en este muro, no resultantes de una mala ejecución sino de la evolución constructiva del sector: irregularidades en perfiles y haces del paramento 13NO-14SE que presenta un espesor murario irregular y no modulado, el que la fábrica sea aparejada y no de tres hojas y, sobre todo, la heterogeneidad de las hiladas básicas y la diferencia entre el falso aparejo y el de tizones existente por debajo y por arriba, respectivamente, del nivel de la primera suspensura. Entendemos que en el proceso de ampliación de la terma y durante la construcción del segundo sector calefactado esta línea de pilae se mantendría para replantear el muro de separación de ambas estancias, incorporando piezas (muchas fragmentadas) a ambos lados de los pilae, refrentándolos e integrándolos en el núcleo interior de la fábrica.



Figura 2
Restos de la suspensura del segundo sector calefactado. (Graciani 2006)



Figura 1
Restos de suspensura del fondo de la E13, en el encuentro de los paramentos 13NO-14SE. (Graciani 2006)

Pilae

Las suspensurae de los hypocausto de Carteia descansaban sobre pilae, al modo preferente en Italia y en las regiones orientales del Imperio (Nielsen 1990, 14), sin constatarse los arquillos y las bóvedas de ladrillos de orejeta (cunetai) tan extendidos en Hispania. Nos centraremos pues en los pilae, de los que en la E13 se conservan dos tipos (figura 1), ambos distanciados a ±60 cm. respecto a los contiguos, a fin de soportar los bipedales de la suspensura.

El primero, de sección rectangular, de ladrillos lydios de 30x22x6 cm. superpuestos, aparece en la serie que, en dirección N/S se alinea casi anexo al paramento 13NO, con sogas y tizones en disposición N-S

y E-O, respectivamente. Los pilae de sexquipedales y lydios superpuestos no eran infrecuentes en la construcción romana, aunque solían ejecutarse con bessalis (Brodribb 1987, 34), ladrillos cuadrados de dos tercios del pie específicamente producidos a tal fin; así, en la Península Ibérica, se han constatado pilae de lydios en la sudatio rectangular de las termas de Gijón, la Casa de la Exedra de Itálica, el caldario de las Termas Trajaneas de Conimbriga, en una estancia de la primera fase de las termas de Braga, el caldarium II de las termas de Padre Blanc de Astorga y el segundo tepidario de Los Arcos II de Clunia (Fernández, Morillo y Zarzalejos 1999, 297 y 301). En alguna publicación previa (2009) expusimos nuestra teoría que relaciona el uso progresivo de los pilae de sección rectangular con una posible reflexión por parte de los constructores romanos —basada en la observación experimental— sobre el funcionamiento mecánico y las patologías derivadas del pandeo al que se sometían los bessalis, incrementado en las grandes termas de hypocaustos más elevados, en las que los pilae soportaban mayores cargas.

En realidad, no tenemos certeza de si los pilae de lydios de Carteia fueron coetáneos a los de sección circular correspondientes a la remodelación de los siglos II-III d.C.; de hecho, ya hemos referido nuestra hipótesis de que fueran una reminiscencia de un primer hypocausto, mantenida como línea de replanteo

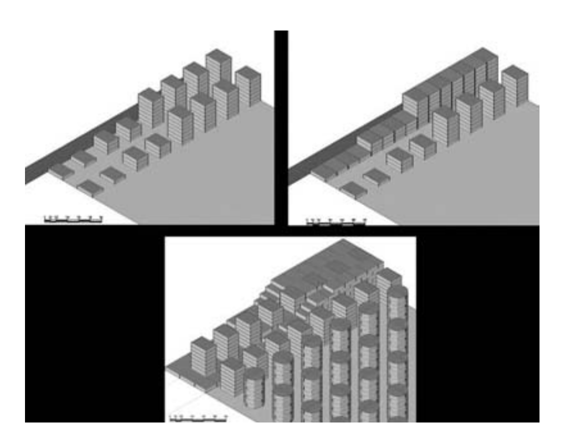


Figura 3
Hipótesis de A.Graciani sobre la evolución del sector (dib. por Núñez Arce)

del muro latericio 13NO-14SE, que se regrosaría hasta quedar prácticamente inmediata a la alineación de pilae rectangulares hoy conservada, generando una serie de anomalías constructivas en el muro que, como ya expusimos (2007), resultan incongruentes en un muro romano de nueva construcción (figura 3).

No obstante, tampoco puede olvidarse que en algunos hypocaustos con pilae circulares, los inmediatos a la concameratio son sustituidos por otros de sexquipedales o lydios superpuestos, probablemente a fin de facilitar la puesta en obra y mejorar el asiento de la suspensura, quedando éstos prácticamente adosados al muro, como se aprecia por ejemplo, en el hypocausto hallado en Carteia en el sondeo Norte (2006).

La sección circular del segundo tipo de pilae de Carteia confirma su adscripción cronológica a los siglos II-III d.C. ya que, como ya indicamos este tipo de pilae apareció en el siglo II d.C., restringiéndose su uso a éste y al siguiente (Graciani 2009), mientras perduraban los de bessalis. Los pilae de sección circular se levantan incluso en zonas con producción cerámica de baja calidad, a pesar de que no mejoraban la inercia térmica del hypocausto y de que con su uso se ralentizarían los procesos de producción, transporte y puesta en obra. Ello debió deberse las ventajas que su uso podía generar: una mejora de los circuitos de aire, un leve ahorro material (correspondiente a los ángulos de la pieza, que no ejercerían función portante alguna) y una mejora en el equilibrio de fuerzas y de la distribución de cargas, al evitarse el efecto de pandeo de los pilae de bessales, sexquipedales y lydios.

En concreto, los pilae de la segunda remodelación de la terma se ejecutaron con piezas semicirculares. Dejando a un lado las piezas circulares (más frecuentes en hypocaustos y en alfares) y de las que hay ejemplos desde el Norte de África hasta Turquía (Yegül 1992, 358), los pilae de sección circular se ejecutaban mayoritariamente con piezas semicirculares, probablemente porque con un simple solape de giro entre hiladas se aceleraría la puesta en obra y porque su producción y su transporte fueran más convenientes (al reducir las posibilidades de rotura) que las piezas radiales o de sector de circunferencia (en cuarto o en tercio), en cualquier caso, éstas más frecuentes que las piezas de corona, realmente excepcionales.

La particularidad de las piezas de este hypocausto de Carteia estriba en sus dimensiones, siendo su diá-

metro de 32 cm. considerablemente mayor al habitual, que suele oscilar entre 12 y 23 cm. Como es frecuente, la ejecución no es especialmente cuidada, estando las hiladas aparejadas con gruesas juntas de 1 a 2 cm. de espesor.

Sólo una intervención en el sector permitirá aclarar si estos pilae circulares estarían rematados por un capitel a fin de mejorar el asiento de la suspensura, lo que actualmente no puede asegurarse dado el mal estado de los que quedan visibles bajo los restos de la suspensura del extremo N de la referida E13. Son éstos, de los que sólo emergen siete hiladas, los únicos pilae circulares in situ ya que los exentos obedecen a una restauración de A. Jiménez en la década de los noventa a partir de piezas originales; esta esperada intervención también permitiría aclarar el nivel del area original y, en consecuencia, la altura del hypocausto y los pilae conservados en el extremo N de la sala, de los que ahora sólo emergen 54 cm. De esta forma, podría corroborarse y/o desestimarse la indicación de Roldán (1992,162), quien sin considerar la evidencia de desniveles en la suspensura supone que los pilae alcanzarían los 80 cm., cuando en realidad la altura de estos elementos puede ser muy variable; así, a pesar de que Vitruvio recomendaba 2 pies, y Faventino (s. IV) 2,5 pies en los baños privados y 3 en los públicos, ésta podía oscilar entre 0,45 y 1,00 m. hasta alcanzar incluso 1,50 o 1,70 m. Lo que, en función de la posición de las ménsulas de anclaje que posteriormente se referirán, sí parece evidente es que estos pilae serían los de mayor altura del hypocausto, existiendo desniveles en la línea de suspensura.

Pese a que, hasta la fecha, no existen más restos emergentes de pilae, puede afirmarse que la variante de sección circular no fue algo excepcional de este sector de las termas de Carteia; por el contrario, sabemos que existieron otros hypocaustos con pilae circulares, no sólo gracias a la localización en 2005-06 (con motivo de su limpieza) de piezas radiales de diferente diámetro (17 y 19 cm.) en la cloaca (García y Gómez 2006), sino también a la presencia de otras similares acarreadas y recicladas tanto en el perímetro y en los ángulos de los pavimentos de algunas estancias tardías (E21 y E22), adaptándose mediante giros irregulares, como en fábricas murarias, refrentando — a modo de opus testaceum— núcleos de caementium, con una cara de radio (cual testa) visible al haz de paramento. No obstante, la constancia se limita a piezas radiales (o de sector), que, por precisar una colocación más cuidada son menos habituales que las semicirculares, no habiéndose localizado piezas en corona de circunferencia, que son, en cualquier caso, excepcionales en el Imperio Romano.

Cabe pensar que los alfareros de Carteia, conscientes de la baja calidad de su producción, optaran por producir piezas semicirculares y radiales, que por sus menores dimensiones estarían expuestas a menos deformaciones superficiales y asentarían mejor; de hecho, en los alfares no se constatan piezas circulares correspondientes a la recesión económica del s. III.

PIEZAS PARA LAS *CONCAMERATIONE*

A pesar de que en las termas de Carteia, sólo los muros maestros quedan visibles y no se conservan las concameratione, podemos interpretar su sistema de cerramiento y establecer una hipótesis sobre la evolución de los procedimientos para transmisión del vapor a partir de algunos indicios existentes en opus vittatum de la primera fase de la terma, al fondo de la E14 (figura 4), única conservada por encima del nivel de suspensura.

Se trata de unas incisiones resultantes al hacer penetrar unos vástagos metálicos de algunas de los cuales quedan restos, pero en otros sólo marcas de oxidación. La disparidad de los morteros empleados y la aparente ausencia de una regularidad en su distribución indica que estas huellas corresponden a diferentes momentos cronológicos, relacionados con la



Figura 4
Marcas de inserción de vástagos metálicos al fondo de la E14. (Graciani 2006)

compleja evolución y las importantes alteraciones del sistema de calefacción de este ámbito, el más antiguo de los conservados del sector original, resumiendo la evolución constructiva a la que se vio sometida esta concameratio que, como todas, debió experimentar diferentes reformas para resolver las roturas generadas por la presión del aire y los problemas de fijación de las piezas que la conformaban.

Frente a la opinión de algunos autores (Roldán 1992; Presedo y Caballos 1985, 390), entendemos que, al tratarse de un muro maestro, tales marcas no han de relacionarse con las grapas metálicas de fijación de los aplacados de revestimiento sino con las de los elementos de la concameratio; en concreto, en una primera fase corresponderían a huellas de clavijas de anclaje de las placas de cerramiento (bien tegulae mammatae o bien ladrillos de esquinas recortadas); en una segunda, grapas para fijar los tubuli, una moda que llegó a esta área geográfica, y, por último, de nuevo a la solución de las placas cerámicas, sistema tradicional en la zona, que en la última fase de la terma se debió retomar.

Piezas de cerramiento: ladrillos recortados y clavi coctiles

Como se ha indicado, las huellas más antiguas, del primer sector calefactado, podrían ser resultado de la inserción en el muro maestro de los vástagos de hierro de dos tipos de piezas cerámicas distintas, clavi coctiles (figura 5), o tegula mammatae, asociadas cada una de ellas a diferentes tipologías de concameratio.



Figura 5
Clavija de cerámica torneada de procedencia desconocida en el Museo Arqueológico Provincial de Sevilla. (Graciani 2006)

En principio, por estar tan extendida esta solución por el ámbito Mediterráneo (constatada incluso en la vecina Baelo Claudia), parece más probable que fueran clavi coctiles, piezas referidas en las publicaciones españolas como clavijas o fijas de cerámica torneadas, poleas, o carretes, y en las alemanas, inglesas y francesas como *ton-nägeln*, *studds* y t*erra cuite*, respectivamente; en concreto, se trataría de piezas con vástagos de hierro en T, correspondientes a la variante 4 de la clasificación de Degbomont (1984, 62), la misma localizada en Baelo Claudia que es, en cualquier caso, la tipología de mayor distribución geográfica.

De ser así, el cerramiento estaría conformado con ladrillos recortados, es decir, cuatro placas con muescas angulares (rectilíneas o en cuarto de círculo) en cuyo encuentro encajaría un extremo de la clavija, para embutir el opuesto en una oquedad abierta en el muro matriz, donde se aseguraría con opus signinum. Hay que tener en cuenta que, quizás por su mayor facilidad de producción y apilamiento para transporte, hasta finales del siglo I d.C., en la Península Ibérica los ladrillos recortados para clavi coctiles no fueron desbancados por las tegulae mammatae (una novedad italiana del siglo I a.C.), pese a que, como indica Yegül, éstas eran más evolucionadas. De hecho, no se generalizarían en la Península Ibérica hasta los siglos II y III, cuando, paralelamente, la moda de los tubuli latericii también se había extendido, pues empalmando una serie de conductos verticales de cerámica se conseguía mejorar el tiro y evitar el *efecto ola*, es decir, la generación de turbulencias que frenaban el ascenso de aire caliente y provocaban incluso su retorno, siempre que se le practicaran unas aberturas laterales a fin de favorecer el tránsito del aire entre las distintas piezas y evitar su rotura.

En realidad, la inexistencia de piezas de cerramiento in situ no nos permite confirmar a cuál de los dos opciones planteadas corresponderían estas huellas; como suele suceder, tampoco éstas se han localizado en otros puntos del yacimiento, ni reutilizadas, ni en depósitos de material, probablemente porque, al estar fragmentadas, hayan sido confundidas con otros tipos de piezas cerámicas (por ejemplo tégulas) o los ladrillos recortados con ladrillos comunes fragmentados. No obstante, es probable que alguna placa de ce-

rramiento para clavijas que se encuentra en el Museo de la Casa de la Cultura de San Roque provenga de las termas de Carteia. Con independencia de la solución adoptada, sobre la pieza de cerramiento se dispondría una capa de mortero de 3 a 6 cm. de espesor, e, incrustado en ella, el revestimiento de mármol o el estuco.

Piezas de transmisión: tubuli latericii

Un segundo grupo de marcas correspondería al anclaje de los tubuli empleados para encauzar el ascenso vertical del aire caliente en una concameratio más evolucionada de un segundo sector calefactado, adscribiéndose por tanto a un periodo posterior, probablemente coincidente con la adecuación de los siglos II-III. Como sucede con los ladrillos recortados o las tegulae mammatae, no es frecuente encontrar estas piezas in situ, lo que dificulta la adscripción cronológica de estos sistemas constructivos; cuanto más perduran restos en los arranques del muro, por encima del nivel de suspensura, aunque aquí no es el caso. De hecho, este tipo de piezas cerámicas suelen aparecer fragmentadas y descontextualizadas, bien arrumbadas al pie del paramento, en basureros o reaprovechadas en otros usos (por ejemplo, embutidas en muros como ladrillos) y otras muchas se pierden al reciclarse machacadas para elaborar opus signinum. La disparidad tipológica de estas piezas y su estado de fragmentación dificultan la identificación de los restos, que cuanto más se catalogan como fragmentos de tegula.

Precisamente, esto fue lo que debió suceder en Carteia donde, hasta que en 2006 tuvimos ocasión de identificar algunos tubuli casi completos (y también algunos fragmentos de difícil identificación) amortizando un hypocausto recién descubierto en un sondeo efectuado en el sector Norte del complejo, se consideraba que no se habían empleado tubuli.

En concreto, detectamos la presencia de dos tipos de medios tubuli, es decir piezas con sección en U, que se acoplaban enfrentadas por parejas, generando una oquedad rectangular para permitir el paso del vapor de una columna de tubuli a la contigua; basándonos en el estudio de las marcas generadas por las grapas metálicas que permitirían anclar al paramento sendos tubuli alineados, planteamos que ambos tipos se emplearían en la segunda fase del sector calefactado, cuando, entorno al siglo II d.C. se incorporaron estos elementos de transmisión de calor con motivo de la transformación de la terma.

Los medios tubuli pueden relacionarse con la inexistencia de una producción cerámica de calidad en el entorno de la terma, al ser más fácil producir piezas de sección recta y abiertas que piezas huecas, que exigen de un mayor cuidado durante la cocción; además, las oquedades de ventilación transversal se abren más fácilmente que en piezas de sección completa, simplemente haciendo sendos cortes y rebajes en cada una de las dos caras de cada pieza que entran en contacto con los tubuli contiguos. Pese a las evidentes ventajas de producción, esta solución facilita el escape del aire caliente y, en consecuencia, el fallo del sistema, generando la necesidad de reparar el sector.

Los estudios ya referidos que hemos realizado a partir de fragmentos cerámicos en las termas de Carteia han evidenciado dos variantes de esta solución según las piezas estén diseñadas para disponerse afrontadas o superpuestas, si bien los ejemplares localizados se diferencian también en sus dimensiones. Probablemente, el primer modelo generaría el escape de un mayor volumen de aire, por ser superior la longitud de los encuentros, por lo que el segundo podría responder a una solución más evolucionada y perfeccionada.

El primer tipo (figura 6) que fue más fácil de identificar por haberse encontrado piezas casi completas, correspondería a unos tubuli cerámicos, ejecutados con un espesor de pasta entre 1,8 y 2 cm y en sección abierta, en U, presentando una cara tabla única y mayor (28-27x20-19 cm) y dos caras laterales, en cuyo canto opuesto al contiguo a la tabla, en posición cen-

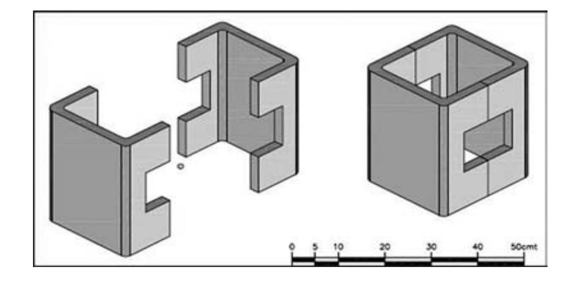


Figura 6
Tipo A de tubulo localizado en Carteia, según Graciani. (Dib. de Núñez Arce 2006)

tral, se abren unas incisiones en U, generando una oquedad de 10 cm y resultando, por tanto, asociados unos cantos cerámicos de 9 cm. en los laterales de la tabla (medidos desde la tabla interna).

Estos tubuli se dispondrían enfrentados dos a dos, uno con su cara de tabla al paramento y otro con su cara de tabla como cerramiento de concameratio; la existencia de restos de óxido en los lados menores de la cara de tabla de estos tubuli y de argamasa e incisiones digitales en su toda su tabla permiten indicar que, conforme al hábito constructivo, se fijarían al paramento con mortero y con una grapa metálica que uniría simultáneamente dos tubuli contiguos en altura. De esta forma, los huecos de aireación serían de 10 × 18 cm. (9 de cada pieza) y las tablas de los tubuli exteriores actuarían como soporte del revestimiento. La colocación de sendas piezas enfrentadas para configurar una única puede entender como una ingeniosa solución alternativa, en principio, sin perjuicio aparente, que, sin embargo podría facilitar el proceso de fabricación de la piezas en una zona en la que, parece hasta la fecha, qua la industria cerámica no estuvo muy extendida. De hecho, la forma adoptada conllevaba tres ventajas en el proceso de fabricación: no sólo era más fácil producir una pieza, abierta, en U, que cerrada, sino que se rompería menos frecuentemente durante el proceso de cocción; además las oquedades de ventilación transversal podrán abrirse más fácilmente, mediante rebajes en el canto.

Algunos fragmentos de material cerámico, por las curvaturas de su tabla y las incisiones laterales de las muescas, han podido ser identificados como cantos de tubuli bien distintos al anterior, correspondientes a piezas huecas completas (o quizás medias piezas) con hueco rectangular en las caras de ancho del correspondiente paralepipedo (figura 7). Según nuestra hipótesis, corresponden a tubuli huecos completos, de los que desconocemos la dimensión de las caras de tabla (la adosada al muro maestro y al revestimiento), con caras laterales de 12,5 cm., la misma dimensión de la cámara de concameratio, en las que presentarían un hueco interior de 6,5 cm. de profundidad (de altura indeterminable), para el tránsito del vapor de una columna a otra; la unión de cada tubulo con los inmediatos en altura se realizaría con mortero y, según los restos de óxido, con grapas metálicas de fijación.

La fragmentación de los restos estudiados no permite identificar si se trataría de piezas completas con una perforación rectangular en los cantos del paralepípedo o de medias piezas que se colocarían enfrentando los resaltes laterales de la muesca, conformando entre ambas el canal de aireación. Apuntamos esta posibilidad, sin duda más rústica pero que implica una mayor facilidad en el proceso de moldeado de las piezas y que disminuye considerablemente el número de piezas susceptibles de desechar por roturas durante el proceso de cocción, no sólo por la hendidura del corte de las muescas (no aparece marcada en todo el espesor de la pieza) sino porque existiría un evidente paralelismo con la solución anterior, en el que la yuxtaposición de las piezas se realizaría en sentido inverso.

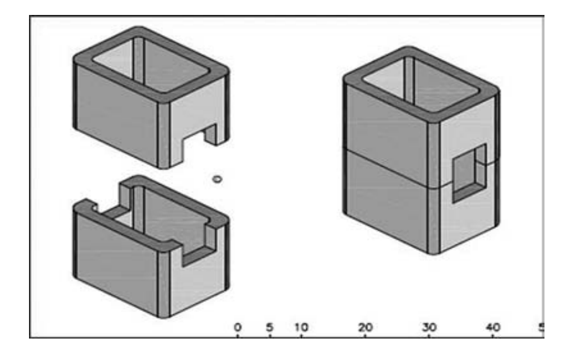


Figura 7
Tipo B de tubuli localizado en Carteia, según Graciani. (Dib. de Núñez Arce 2006)

El cerramiento de la concameratio se realizaría con finos aplacados de mármol de apenas 1cm, de espesor, similares a las empleadas en otros puntos de la terma (E20 y E24). La utilización de revestimientos con finos aplacados marmóreos se había extendido desde época augusta, coincidiendo con la explotación intensa del mármol, no sólo por la facilitad técnica de aserrado y corte sino también por la facilidad de adaptarlo a todos los espacios y, en este caso, por las irregularidades superficiales de los paramentos, mayoritariamente de mampostería. El escaso espesor de las losas de mármol implicaría que en principio para asegurar la solidez de la fijación no fuera necesario utilizar grapas metálicas, máxime tratándose de una terma, con elevado grado de humedad ambiental, ya que la oxidación de las grapas haría saltar los aplacados, especialmente considerando su grosor.

Sin embargo, el encuentro de las piezas enfrentadas facilitaría el escape del vapor de agua y en con-

secuencia el fallo del sistema, generando la necesidad de reparar el sector. Parece evidente que la utilización del primer modelo facilitaría un escape mayor y por tanto que el segundo tipo de tubuli es más evolucionado y perfecciona el ingenio. No obstante, la presencia de ménsulas de apoyo en los muros emergentes, permite afirmar que la solución de los tubuli no fue la definitiva.

Piezas de anclaje: ladrillos de ménsula

Los elementos más interesantes del sistema de hypocausis de las termas de Carteia son precisamente las ménsulas de anclaje; en realidad, se trata de unos ladrillos con muescas para anclar al muro maestro dos elementos del sistema de transmisión del calor: de un lado, la suspensura y, de otro, el cerramiento de la concameratio, en aquellos casos en que éste se resolviera con aplacados (es decir, cuando no se emplearan tubuli) (figura 8). Con respecto a su adscripción pueden aportarse dos valoraciones. La primera, que dado que dichas ménsulas se encuentran en el muro 13NO-14SE, éstas corresponden a la segunda fase de la terma, adscribiéndose a la reparación de los siglos II y III; de otra, su distribución y un análisis visual de rellenos de opus signinum, nos permiten afirmar que los restos pertenecen a distintos procesos constructivos y de reparación del sector.

A pesar de que se conservan ejemplos en algún museo (en concreto en el Arqueológico Provincial de Sevilla) y de que en algunos alfares se han documentado, hasta 2007 (Graciani), se carecía una justificación explicativa de su finalidad; para ello, ha sido determinante el estudio del complejo termal de Carteia, único, en el que, hasta la fecha, este tipo de piezas ha sido localizado in situ, o al menos del que los autores hayan publicado al respecto; aunque en algunos puntos del paramento de separación de las E13 y E14 ya habían sido apuntadas, que no interpretadas, por L. Roldán, su presencia en el muro es, en realidad, cadencial, aunque al estar fragmentadas se camuflan con simples ladrillos, ya que aparecen enrasadas al haz de paramento bien por roturas casuales o a consecuencia de reparaciones en el cerramiento de la concameratio y de la introducción de nuevos sistemas de ménsulas (figura 1).

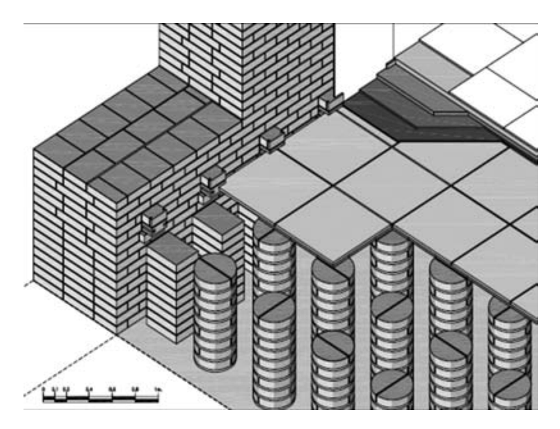


Figura 8
Reconstrucción del anclaje de la suspensura y la concameratio. (Dib. de Núñez Arce 2006)

Instamos a los investigadores a estar atentos a la identificación de este tipo de piezas tanto en los paramentos originales, entendiendo que, como sucede en Carteia, la pérdida del vuelo característico pueda hacer que el sistema de ménsulas pase desapercibido, como en fábricas murarias de ejecución posterior ya que pudieron ser acarreadas y recicladas; de hecho, nosotros hemos tenido ocasión de evidenciarlas no sólo en la propia Carteia, en cuyo paramento 13SO aparecen algunas con su testa no muescada hacia el haz de paramento, sino también en Ostia Antica, por lo que en ningún caso debemos pensar en que esta solución sea original de la terma, mucho menos considerando la baja calidad de la producción alfarera de la zona, ni tampoco del Sur Peninsular.

Son piezas fáciles de identificar por su tizón prominente; de hecho, se colocan a tizón y su longitud es mayor que la de los ladrillos normalizados, debido a que una parte penetraría en el muro interior y la otra sobresaldría abarcando el espesor de la concameratio. Estas ménsulas son de tres tipos; una pieza de cada tipo se embutiría en el muro a eje, es decir, una sobre otra. Así, en la parte inferior, se dispondría un ladrillo de ménsula en voladizo; se trataría de un ladrillo rectangular, de testa, canto y tabla común, sin muesca o hendidura alguna, por ser finalidad, meramente portante, la de facilitar el vuelo de las restantes ménsulas y dificultar su rotura. Sobre esta primera pieza, se colocaría un ladrillo de ménsula de suspensura (figura 9), con una tabla plana y en su canto una incisión longitudinal, también visible en la testa y en las que encajarían dos bipedales de la suspensura, que para ello contaría con una muesca en

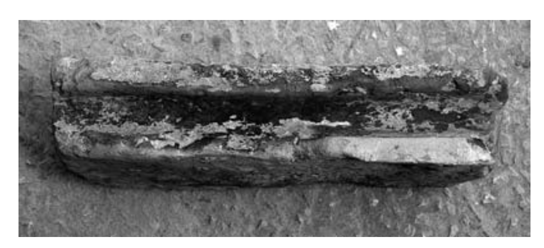


Figura 9
Ladrillo de ménsula de suspensura. (Graciani 2006)



Figura 10
Ladrillo de ménsula de concameratio. (Graciani 2006)

«L». Sobre esta segunda, se dispondría una tercera, que permitiría encajar el cerramiento vertical de la concameratio (ladrillo de ménsula de concameratio) (figura 10); la pieza presentaría una incisión cóncava en tabla, y en el canto una incisión puntual próxima a testa (que es —la testa— común) y en las incisiones laterales de las ménsulas (dos a dos) encajarían las placas de cerramiento de la concameratio, las cuales presentarían sus correspondientes muescas y resaltes para coincidir con la placa contigua a eje de la ménsula.

Conclusiones

La escasez de restos emergentes y el mal estado de las fábricas, sólo permiten reconocer algunos elementos cerámicos del hypocausis de las termas de Carteia, desconociéndose en consecuencia la tipología de las piezas que se supone existieron para la transmisión del vapor a través de las bóvedas, es decir si se usaron tubuli lingulati o tubuli cuneati. Las carencias de la producción cerámica de la zona condicionaron las soluciones constructivas, que fueron evolucionando, con demora, respecto a las tendencias marcadas en el resto del Imperio Romano.

La información que se desprende de esta lectura paramental evidencia el interés por observar los indicios que las fábricas nos ofrecen y la necesidad de coordinar estas lecturas con la información que aportan los restos conservados en museos y los hallados en el entorno inmediato.

Lista de referencias

Adam, J.P. 1984. *La construction romaine. Materiaux et techniques*, París, Picard.

Bendala, M.; Rico, C.; Roldán, L. (eds). 1999. *El ladrillo y sus derivados en la época romana*. Madrid.

Brodribb, G.1979. A survey of tile from the Roman Bath House at Beauport Park, Battle, E. Sussex, *Britannia*10, 139-156.

Brodribb, G.1987. *Roman Brick and Tile*. Gloucester.

Fernández, C. Zarzalejos, M.M. 1996. Técnicas constructivas en las Termas Romanas de Campo Valdés (Gijón): el material latericio. *AEArq* 69, 109-118.

Fernández, C.; García, V.; Morillo, Á. et alt. 1997: Las Termas Romanas de Hispania: balance historiográfico y perspectivas de investigación. Pérex, M.J. (ed): *Termalismo antiguo*. Casa de Velázquez, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 381-389.

García, M.; Gómez, M.I. y Jesús, M. 2006. Actuación en las canalizaciones de las termas de Carteia, *Almoraima:* 33.

Graciani, A. 2007. Lectura paramental del caldarium y el tepidarium de las Termas de Carteia (San Roque, Cádiz) de apoyo a la restauración y la puesta en valor del conjunto. *Actas de la I Jornada Nacional de Investigación en Edificación*. Madrid, UPM, I: 1165-1179.

Graciani, A. 2009. Earthenware Pieces Manufactured for Roman Thermae. *Proceedings of the Third International Congress on Construction History. International Congress on Construction*. Brandenburg University of Technology Cottbus, Germany, 721-728.

Nielsen, I. 1990.*Thermae et balnea,* Aarhus.

Oleson, J.P. 2008. *Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical Word*. Oxford University Press US.

Roldán, L.1987. Aproximación metodológica al estudio de la técnica edilicia romana en Hispania, en particular en opus testaceum. *Lucentum: Anales de la Universidad de Alicante. Prehistoria, Arqueología e Historia Antigua* 6, 101-122.

Roldán, L. 1992. *Técnicas constructivas en Carteia (San Roque, Cádiz),* Universidad Autónoma de Madrid.

Roldán, L. 1993.*Técnicas constructivas en la Bética romana,* Universidad Autónoma de Madrid.

Sanz Gamo, R. 1987. Materiales cerámicos utilizados en la construcción de hypocaustos en el Sureste peninsular: clavijas y ladrillos recortados. *XIX CNA, 1*, Castellón (Zaragoza, 1989), 877-883.

Sanz Gamo, R. 1987b. Algunos materiales romanos utilizados en la construcción de concamerationes. *Oretum* III, 223-236.

Yegül, F.1992. *Baths and Bathing in Classical Antiquity*. The MIT Press, Cambridge.

Los primeros ejemplos de Gaudí con hormigón armado

Rosa Grima
Josep Gómez Serrano
Antonio Aguado

El desarrollo de la vida profesional de Gaudí coincide con las décadas de expansión y consolidación de la tecnología del Hormigón Armado tanto en Europa como en España por lo que cabe preguntarse por la presencia de este material en sus obras y el grado de conocimiento que tuvo del mismo.

Hay que señalar que algunos autores, grandes conocedores de la figura de Gaudí como Basegoda Nonell, han cuestionado en algún momento que Gaudí emplease hormigón armado:

> El principal mérito de Gaudí es el de haber creado formas nuevas e inéditas utilizando los materiales y las técnicas tradicionales. Por esta razón la arquitectura de Gaudí es intemporal, pudiendo ser hecho tal cual en el siglo XV o en los siglos futuros. La construcción gaudiniana se hizo a base de piedra, ladrillo manual, cemento rápido, yeso y morterio de cal. No hizo nunca hormigón armado y el cemento Pórtland lo empleó solamente para enlucidos (Bassegoda 1990, 9).

Dichos autores plantean que las formas y la geometría de Gaudí, inspiradas en la naturaleza y la tradición, fueron pensadas para ser construidas en madera, piedra y metal (Cuito 2002). El empleo del hormigón se sitúa, a lo sumo, en la fase final de su obra en la Sagrada Familia.

Ahora bien, la inquietud que Gaudí mostraba por los distintos temas estructurales, que requería avances en las prestaciones de los materiales, así como el grado de proximidad a su mecenas, el conde Güell, quien construyó la primera planta de cemento artificial en Cataluña (ASLAND 1954), dan pié a pensar que Gaudí sí conocía esta técnica y la aplicó en las circunstancias que le fue posible. Si bien es cierto que lo hizo sin hacer un empleo masivo del mismo, por ciertas coyunturas circunstanciales (Grima, Aguado y Gómez Serrano 2007).

El objetivo del presente documento es descubrir cuándo y de qué manera entra Gaudí en contacto con la tecnología del hormigón armado e interpretar dónde lo empleó por primera vez para poder descubrir qué conocimientos tenía Gaudí sobre este nuevo material.

La patente Habrich

Entre 1890 y 1900 la fiebre de las patentes de hormigón armado llega a España de manos de los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de ingenieros Militares. Hay que destacar el rápido incremento en el número de patentes en esos primeros años del siglo XX. En España, hasta 1900 había 21 patentes registradas ante el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (B.O.P.I.), mientras que en 1914 el número ascendía a 159 (Martín 2000). Todas las patentes importantes (Monier, Hennebique, Coignet, Cottancin, Ribera, Zafra, Ransome, etc) se acabaron registrando en España.

Entre ellas encontramos el sistema Habrich de procedencia alemana e introducido en España el día 3 de octubre de 1901 cuando Franz Habrich autorizó a Carlos Bonet y Duran a patentarla en la sede de Bar-

celona de la oficina Española de Patentes y Marcas. A continuación incidiremos en la descripción de este método dado el grado de conocimiento que Gaudí pudo tener del mismo.

En estos años, el hormigón armado era un producto en el mercado avalado por las propias empresas que comercializaban las patentes pero sin un método de cálculo universal. La documentación sobre los métodos empleados incorporada a registros y proyectos era bastante ambigua e imprecisa dado que, una vez contratada una obra, los técnicos que explotaban un sistema podían adaptarlo a cada ocasión. A pesar de ello los sistemas más comunes se encuentran bastante bien documentados.

En cuanto a la patente de invención de Franz Habrich, en la documentación conservada en el archivo histórico de la Oficina Española de Patentes del Ministerio de Industria se describe de la siguiente manera:

> Un procedimiento perfeccionado para construcciones con aplicaciones de hormigón armado con alma de hierro espiral...

> Este nuevo sistema de construcción puede tener aplicación en la ejecución de depósitos de líquidos, muelle, aljibes, techos, etc. En una palabra para toda clase de obra.

El hecho diferencial de la misma es que la armadura está formada por flejes enrollados en espiral, de sección rectangular, con unos anclajes a ciertas distancias, tanto en forjados (figura 1) como en depósitos (figura 2).

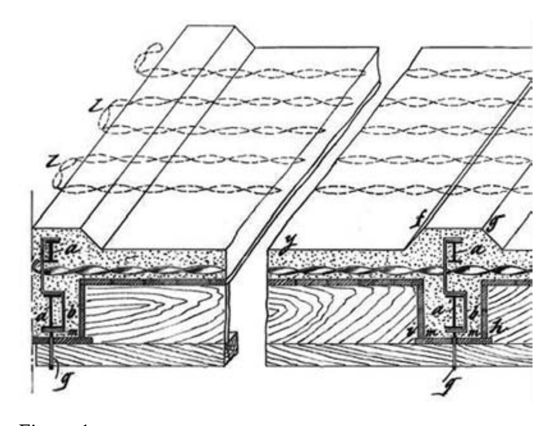


Figura 1
Patente F. Habrich en España, empleo en forjados. (Boletín Oficial de Patentes Industrales 1901)

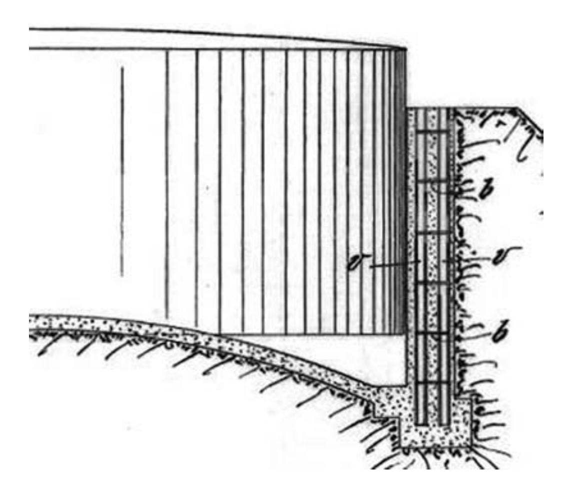


Figura 2
Patente F. Habrich en España, empleo en depósitos. (Boletín Oficial de Patentes Industrales 1901)

Existen algunos sistemas de la época (Rossenberg 1903) que tenían armaduras cuadradas estiradas helicoidalmente, si bien ésta era la única, de la que se tiene constancia, que empleaba flejes. Lo más parecido podría encontrarse en el caso del método americano Ransome, en el cual se utilizaban barras de hierro retorcidas de sección cuadrada (pero no flejes).

Aunque el sistema Habrich es poco conocido como patente, no quita para que tuviese cierta actividad y capacidad. Así aparece en la relación de empresas que concurrieron al concurso de cobertura del tercer depósito del Canal de Isabel II (Santa María y Prieto 1903), la cual fue quizá la obra más significativa de la época en España, por diversas circunstancias, una de ellas el importante accidente que se produjo durante la construcción el 8 de abril de 1905.

A esa obra concurrieron 14 soluciones (figura 3), entre ellas las más importantes del ámbito nacional. La solución propuesta por M.F. Habrich ocupa la tercera posición en cuanto mayor presupuesto con un plazo de ejecución de 40 meses. En la descripción de la época textualmente se señala que:

> La cubierta estaba formada por cañones de 6,02 m apoyados en vigas de 4,03 m, el paramento de intradós de los cañones se prolonga en los de las vigas formando una sola superficie sensiblemente elíptica...

El esqueleto, característico del sistema del autor, está formado por pletinas retorcidas en helicoides (Santa María y Prieto 1903).

Resumen de las proposiciones presentadas.

Número.	Autor.	Presupuesto.	Plazo de ejecución.	Observaciones.
1	Parboni..........	4.600.000	¿	No fija plazo ni acompaña proyecto.
2	D. M. Jalvo.......	3.236.586,30	34 meses	Cubierta plana, sobre vigas y viguetas.
3	M. F. Habrich....	2.970.968,08	40 id.	Cañones muy rebajados, sobre vigas.
4	Odorico y C.ª	2.738.000,00	450 días	Cubierta plana, idem id.
5	Gabellini y C.ª....	2.295.168,00	18 meses	Idem id., sobre vigas y viguetas.
6	M. Hennebique ...	2.251.783,20	24 id.	Idem id., id., id.
7	Idem id............	2.082.687,60	24 id.	Idem plana (intradós curvos), sobre vigas.
8	M. E. Draguet y C.ª	2.059.920,00	16 id.	Idem id., sobre vigas y viguetas.
9	M. A. Matrai.....	2.031.0[illegible]0,52	24 id.	Idem id. (trasdós curvo), id., id.
10	Odorico y C.ª	1.993.000,00	450 días	Bóvedas por arista.
11	C.ª de Sestao......	1.901.602,61	24 meses	Cubierta plana sobre vigas y viguetas.
12	D. J. M. de Zafra..	1.720.061,43	14 id.	Placas bombeadas sobre vigas y viguetas.
13	Idem.............	1.600.889,14	20 id.	
14	D. J. E. Ribera...	1.562.845,10	12 id.	Cañones parabólicos sobre vigas.

Figura 3
Tabla con los diferentes sistemas constructivos presentados para la construcción del segundo Depósito del Canal de Isabel II. (Santa María y Prieto 1903)

A continuación se expondrán las características que las estructuras diseñadas por Gaudí tienen en común con el sistema Habrich ya que consideramos que se trata del sistema empleado por el arquitecto. Como veremos, el tipo de armadura utilizado era el mismo y empieza a realizar este tipo de construcciones con posterioridad a la aparición de la patente.

Aunque en el transcurso del presente trabajo se ha intentado establecer y confirmar esa relación, hasta la fecha no ha sido posible. Esta podría encontrarse vía a la conexión de Carlos Bonet y Durán, quien presentó la patente por delegación, con el conde Güell.

APROXIMACIÓN DE GAUDÍ AL HORMIGÓN ARMADO

Antoni Gaudí empieza su carrera profesional en 1878. Desde el principio practicó una arquitectura en la que el estudio de las formas y el análisis minucioso de cada proyecto buscaba soluciones donde estructura y ornamentación fuesen de la mano. Aúna una decoración nada minimalista llena de inspiración natural con un diseño estructural sin elementos superfluos.

Gaudí concibe la arquitectura de manera que forma y estructura están estrictamente relacionadas.Esta búsqueda de la economía constructiva a través de la racionalización estructural no puede independizarse de los materiales y de los métodos empleados. Así lo reflejan algunos de los que se han dedicado a la investigación de la obra de Gaudí y en ello pretende ahondar el presente estudio (Tarragó 2002).

Gaudí siempre se mostró abierto a aquellos cambios que significaban un avance técnico o un ahorro económico. De este modo, Gaudí no fue extraño a los cambios que trajo consigo la industrialización de la sociedad catalana de finales del s. XIX, y en consecuencia tampoco lo fue a los nuevos materiales y métodos constructivos. Así lo expresó él mismo en uno de los pocos escritos conservados donde reflexiona sobre el carácter de la construcción de Templos religiosos en la era moderna analizando el encarecimiento de la mano de obra frente a las mejoras en la maquinaria constructiva a emplear. Esta cita, de uno de los cuadernos de notas de Gaudí, la escribió entre 1878 y 1883 (comillas no incluidas en el texto original):

> A medida que la mano de obra ha dejado de tener aquella importancia de la construcción antigua, los procedimientos constructivos se han complicado en sus procederes y combinación, en beneficio de la facilidad de la mano de obra.
>
> La finísima labra de los mármoles del Partenón ha sido sustituida por la mampostería. Y actualmente, hasta esta misma mampostería de caras labradas pide ser sustituida por otros elementos, y lo es ya por el ladrillo y por las piedras artificiales o por los hormigones (Mercader 2002).

Gaudí, bien posicionado en los círculos más influyentes de la sociedad catalana, pudo tener conocimiento del hormigón armado a finales del s. XIX o principios del XX. Los industriales catalanes, entre los que se contaban alguno de sus clientes (Guell, Puntí, Comella, Milà, etc), vieron en la incipiente industria del hormigón armado una buena oportunidad de negocio. El propio Eusebi Güell fue el impulsor de la primera cementera catalana de la empresa ASLAND (Castellar de N'hug, 1904) y también tuvo relación con las empresas constructoras que empleaban hormigón armado (su potencial grupo de clientes). En este contexto, y fruto de la estrecha relación que lo unía a Eusebi Güell, Gaudí entró en contacto con el nuevo material.

En la figura 4 podemos ver como en la publicidad de la empresa fabricante de cementos ASLAND se emplea la imagen del Parque Güell, una de las obras de Gaudí de las que hablaremos más adelante iniciadas en 1903.



Figura 4
Anuncio publicitario empresa ASLAND. (Archivo del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia)

Gaudí empieza trabajando con elementos de cerámica armada o con armaduras recubiertas de mortero en una época en la que la edificación catalana todavía se basaba en las técnicas tradicionales. Si bien es cierto que estas primeras estructuras distan mucho de la concepción moderna de hormigón armado, no es posible interpretarlas como estructuras de ladrillo reforzadas con elementos metálicos (caso de otras obras modernistas).

El grado de conocimiento que Gaudí tuvo del hormigón armado no está del todo documentado. Es muy probable que los primeros ejemplos se planteasen a través del empleo de una patente. No olvidemos que se utilizó en obras de cierta envergadura (por ejemplo los viaductos del Parque Güell) y que en los primeros años del s. XX el hormigón armado era un material nuevo, en periodo de prueba y avalado por el empleo de una patente sin un sistema de cálculo conocido.

Como ya se ha explicado, en los siguientes apartados no sólo describiremos las primeras obras en la que empleó estructuras armadas sino que también expondremos las similitudes con la patente Habrich, la que consideramos fue la patente empleada.

El Hormigón Armado en las obras de Gaudí. Principios del Siglo XX

En este apartado se hace una revisión de cómo Gaudí introduce el concepto de estructuras armadas en sus proyectos. Las obras que se revisarán son aquellas a las que dedica la primera década del siglo XX y pueden consultarse en la tabla 1.

Obra	*Cronología*	*Ubicación*
Torre Bellesguard	1900-1909	Barcelona
Parque Güell	1900-1914	
Entrada, caminos y viaductos		1900-1903
Pabellones de entrada	1903-1905	Barcelona
Sala hipóstila	1907-1909	
Plaza	1907-1914	
Jardines de Can Artigas	1905-1906	La Pobla de Lillet

Tabla 1
Obras de Antonio Gaudí de principios del s.XX. (Elaboración propia)

Torre de Bellesguard

Con el cambio de siglo, Gaudí empieza, en la ciudad de Barcelona, la vivienda privada conocida como la «Torre de Bellesguard» (primera fase 1900–1909) en la que aparecen elementos metálicos trabajando a tracción combinados o no con morteros.

En la figura 5 puede verse un detalle del interior de una de las salas de la Torre de Bellesguard con un tirante metálico en espiral. De ella hay que destacar dos cosas, por un lado, empieza a introducir el concepto de elementos metálicos trabajando a tracción y, por otro lado, utiliza para su materialización, flejes helicoidales de sección rectangular.



Figura 5
Interior de la Torre de Bellesguard. (Cátedra Gaudí)

Parque Güell

En 1900 Gaudí empieza el proyecto del Park Güell como consecuencia de un encargo de Eusebi Güell en el que plantea un nuevo concepto de urbanización en una de las colinas que rodean Barcelona a semejanza de las ciudades jardín inglesas. Aunque el proyecto se abandonó antes de su conclusión, se llegaron a construir los elementos comunes que se describen en la tabla 1.

El conjunto pasó a propiedad del Ayuntamiento en el año 1923 y, con posterioridad, en el año 1984, fue declarado patrimonio de la humanidad por parte de la UNESCO. Durante los años ochenta y noventa del siglo pasado se realizó una intensa labor de restauración, cuyos trabajos se desglosaron en dos etapas: la primera, correspondiente a la plaza central, fue dirigida por J.A. Martínez Lapeña y E. Torres, habiendo intervenido como arquitectos consultores Fructuós Mañá y Joan Bassegoda; mientras que en la segunda etapa, correspondiente a los edificios de la entrada, los trabajos de rehabilitación fueron llevados a cabo por parte del equipo del departamento de Arquitectura y Proyectos Urbanos del Ayuntamiento de Barcelona (Anna Ribas, Carme Hosta, Josep M. Puig) en colaboración con el doctor arquitecto Fructuós Mañà en el pabellón de consejería (rehabilitado 1994-96) y de Fructuós Mañá, Robert Brufau y Valeri consultors, en el pabellón de vivienda (rehabilitado 1996-99). La revisión de ambas etapas se hará en orden cronológico al construido no al de rehabilitación.

Edificios de la entrada. Después de la urbanización de los caminos y viaductos se iniciaron los dos edificios existentes en la entrada (1903-1905). En la figura 6 puede observarse el edificio más pequeño destinado a conserjería de dos plantas con una torre de 13,5 m. De la misma manera, en la figura 7, se encuentra el edificio destinado a la vivienda del guarda con varias estancias divididas en dos plantas más un desván.

Hay que llamar la atención ante el hecho de que estas modestas construcciones no cuentan con la ornamentación y exuberancia de otras obras de Gaudí proyectadas como viviendas para ricos industriales, siendo destacable el contraste existente entre la originalidad de las formas exteriores y la sencillez interior.

Los materiales y las técnicas constructivas también fueron planteados para reducir costes. En este sentido encontramos desde la ausencia de zócalos en las paredes, hasta el empleo repetitivo de las mismas piezas prefabricadas, o la sustitución de viguetas metálicas por otras de *hormigón armado* en los techos.

En lo que sigue se profundiza en la forma y constitución de estas viguetas al tratarse de lo que consideramos el primer ejemplo de hormigón armado utilizado por Gaudí y de una de las experiencias pioneras

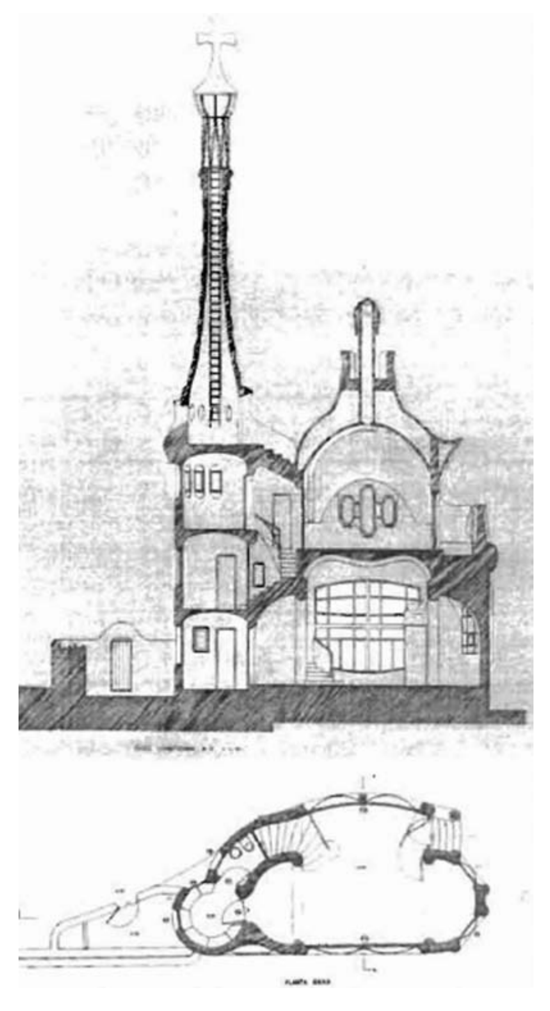


Figura 6
Esquema del pabellón de conserjería, (Ajuntament de Barcelona)

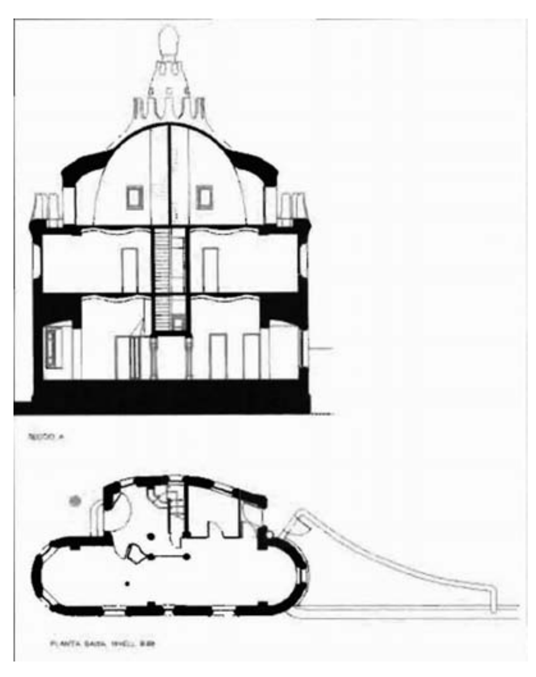


Figura 7
Esquema de la caseta del guarda. (Ajuntament de Barcelona)

en Cataluña dentro del campo de la edificación. En este sentido, Joan Bergós Massó discípulo de Gaudí, ya había documentado el empleo de vigas de hormigón armado en las edificaciones del Park Güell en dos de sus publicaciones (*Gaudí l'Home i l'obra* (1954) y *Materiales y elementos de construcción, estudio experimental* (1953)) (Espel et al. 2009). Un ejemplo de estas vigas puede verse en la figura 8, en ellas Gaudí demuestra conocer como trabajan las vigas armadas a flexión al adaptar la forma de la armadura metálica a la ley de tracciones y buscar elementos de anclaje, llegando a afirmar Bergós literalmente que:

> Gaudí es el primer arquitecto de nuestro país que utiliza el cemento armado y le imprime un sello característico; hace las vigas de sección variable, según la flexión que experimentan y contrasta las formas con el revoltón, inflado en a-b i c-d inversamente a la regata A-B y C-D de la viga. (Bergós Massó 1953).

Las dos edificaciones de entrada tienen una distribución formal y estructural diferente, aunque comparten algunos elementos. Ambas cuentan con un cierre exterior formado por muros de carga de una o dos capas ejecutadas con mampostería de piedra natural y mortero de cal mezclada con elementos cerámicos en el interior. En los techos y bóvedas se emplean elementos armados a partir de flejes metálicos de diferente ancho enroscados en espiral y con una triple curvatura revestidos con mortero de cal con una capa exterior de cemento rápido (Aguado, Ribas

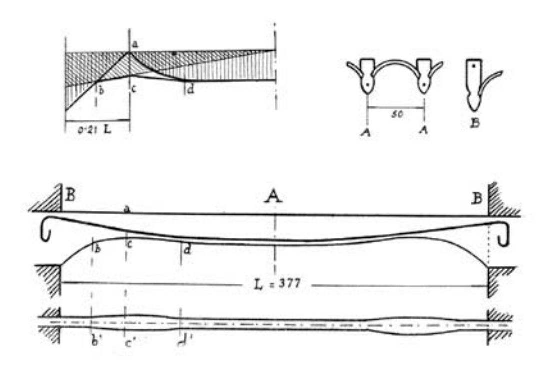


Figura 8
Croquis de la viga de hormigón armado de la portería del Parque Güell. (Bergós Massó 1953)



Figura 9
Edificio de consergería. Vista actual del forjado. (Elaboración propia)

y Hosta 2002). En lo que sigue se analiza la disposición en obra de estas estructuras.

En el edificio de la conserjería, que fue el primero en restaurarse, los espacios entre las paredes de carga del primer piso se resuelven con un forjado unidireccional de vigas armadas (figura 9) con flejes en espiral de 80 x 4 mm empotrados directamente en las paredes. En el momento de iniciar la intervención, este forjado se encontraba bastante deteriorado debido a las entradas de agua que habían aparecido. Ello había dado lugar a la oxidación de los flejes, con el correspondiente aumento de volumen, y la aparición de empujes que producían roturas parciales del nervio tal como puede verse en la figura 10.

El espacio entre vigas era de 45 cm y estaba cubierto por rasilla cerámica. El resto de espacios de este edificio estaban cubiertos por bóvedas tabicadas. Vemos aquí como Gaudí en las zonas más solicitadas, donde tiene que cubrir las luces más grandes del edificio reproduce el sistema de techos abovedados muy popular en Cataluña. Viguetas metálicas y techos de ladrillería pero sustituidos por viguetas de *hormigón armado*, con una inercia variable de mayor canto en el centro del vano como consecuencia del mayor momento flector solicitante, es decir, claramente se desarrolla el concepto del hormigón armado en estos elementos.

La torre de 13,45 m de altura, rematada con una cruz tiene la forma de un paraboloide hiperbólico y, según el testigo de los que participaron en la restauración, también está formado por dos capas de rasilla armada con flejes metálicos está vez de 30 x 2 mm de sección. Ello muestra que la armadura dispuesta era diferente en función del nivel de solicitaciones.



Figura 10
Edificio de consergería. Forjado en reparación (1996). (Ajuntament de Barcelona)

El esqueleto estructural del *pabellón de vivienda* es más complejo. El nervio interior de las vigas armadas, al encontrarse con las paredes de carga, continúa verticalmente por el grueso de la pared, con una función de anclaje, tal como puede verse en la figura 11. Las vigas tienen la misma configuración que en el otro edificio, siendo de inercia variable de mayor canto en la zona central y los arranques.



Figura 11
Encuentro entre el forjado y las paredes del pabellón de la vivienda en reparación. (Ajuntament de Barcelona)

Es necesario señalar la innovación que representan estas vigas dentro del campo de la arquitectura catalana, ya que faltan casi 15 años para que el hormigón se convierta en un material habitual en la edificación, pues el hormigón armado se consideraba un material antiestético y poco competitivo frente a las optimizadas bóvedas tabicadas en combinación con vigas metálicas (Bassegoda 1925).

Su empleo en el Park Güell, en unas edificaciones funcionales sin requerimientos estéticos, hay que interpretarlo fundamentalmente por razones económicas, o bien, por el afán de ahondar en el conocimiento de un nuevo material. De cualquier forma van más allá de un simple intento de reforzar estructuras de hormigón en masa con elementos metálicos. La disposición de las armaduras implica un conocimiento del comportamiento de los dos materiales, de la adherencia entre ambos y de la unión con los elementos verticales.

Tal como ocurre en la torre de la conserjería, en el piso superior de la vivienda, la bóveda tabicada está formada por ladrillos planos con flejes de poco grosor en la capa intermedia, constituyendo un elemento de cerámica armada.

Sala hipóstila y plaza.La sala hipóstila y la plaza del parque Güell (uno de los elementos más característicos del parque) fueron construidas entre el 1907-1914. La gran plaza descansa sobre un espacio de columnas que forman una retícula cuadrada de 4 m de lado. En la figura 12 puede verse un esquema de esta disposición. Las bóvedas son cerámicas, recubiertas de trencadís por la parte vista inferior y por un mortero en la parte superior bajo la arena final que cubre la plaza, en la figura 13 se presenta una vista superior durante la restauración.

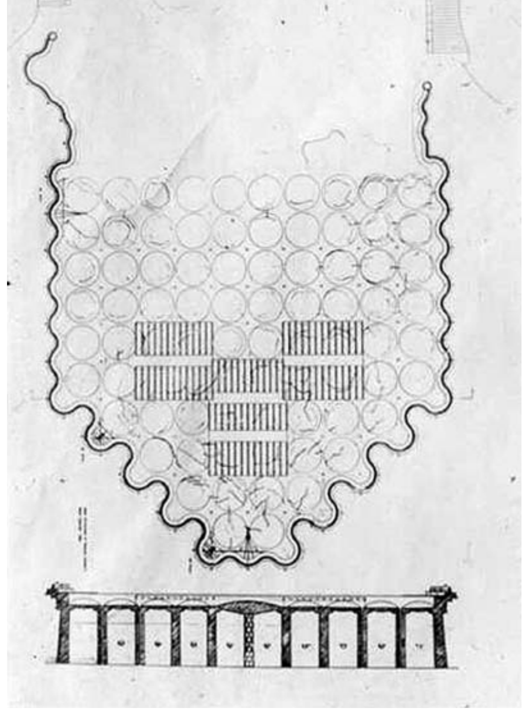


Figura 12
Esquema de la planta de la plaza del Parque Güell. (Mañà 2002)



Figura 13
Vista superior de la plaza del Parque Güell durante la restauración. (Mañà 2002)

En la figura 14 se muestra un esquema (Mañá 2002) de una cuadrícula con la disposición de los capiteles, las cúpulas (que muy probablemente se realizaron prefabricadas teniendo en cuenta el estado de las bóvedas y juntas) y la sección transversal (A-A’) de las vigas de atado (Paricio 1981).

En la misma figura también puede verse que parte de los flejes helicoidales de sección rectangular hacen el papel de armadura pasiva y están situados en la zona de momentos positivos (Paricio 1981). Estos flejes estaban envueltos, en la zona de viga, por un hormigón, si bien distinto a la concepción actual ya que utiliza un mortero y, como árido grueso, utiliza unos cascotes cerámicos y algunas piedras.

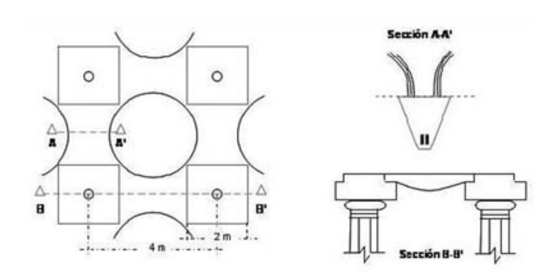


Figura 14
Esquema de la configuración estructural de la retícula de la plaza. (Mañà 2002)

Viaducto de las jardineras. Un equipo del Ayuntamiento de Barcelona trabaja permanentemente en el mantenimiento del recinto del parque. En la actualidad están actuando sobre uno de los viaductos que salvan los desniveles del terreno (el conocido como viaducto «de las jardineras» diseñado antes de 1903). En la parte superior de las pilas, de las que se habían desprendido algunas piedras, han aparecido los mismos flejes enrollados helicoidalmente formando una estructura de cerámica armada similar a la de la cúpula de los pabellones. Si bien, en este caso la sección transversal es menor, nuevamente encontramos indicios de que cambiaba la cuantía de armadura en función de las solicitaciones, como se hace en la actualidad.

Por otro lado, echa por tierra un argumento que se ha utilizado algunas veces de que estos flejes eran los que se utilizaban en el embalaje de las balas de algodón. Este argumento no responde a la realidad, ya que dichos flejes deberían ser de menor sección y, en buena lógica, no estaban arrollados helicoidalmente. Además las longitudes deberían ser menores a las encontradas en estas estructuras. Estas armaduras tienen las mismas características que las empleadas por Habrich en su patente.

Otras estructuras

En este apartado se estudian otras estructuras de Gaudí en las que también se tiene constancia del empleo del hormigón armado, si bien no corresponden a la envergadura de las anteriores.

Viaducto del Pomaret. Con posterioridad al viaducto de las Palmeras, Gaudí vuelve a plantear en el año 1906, la misma solución estructural a base de armados en espiral en uno de sus proyectos no realizados, el puente sobre el torrente de Pomeret en Barcelona de enorme similitud con las estructuras del Parque Güell.

En el archivo Municipal de Sarriá en 1971 se conservaba un plano del puente firmado por Gaudí de 1906 (contemporáneo a la construcción de la plaza del Parque Güell), descubierto por Bassegoda en aquel momento director de la Cátedra Gaudí (Basse-

goda 1971). En la memoria del proyecto se describe el método constructivo de la siguiente manera:

> El proyecto estaba formado por un plano de 64,5 × 211,5 cm a escala 1:100... la longitud total del tablero del puente era de 154 m, con altura máxima de los pilares de 15 m.
>
> En el presupuesto se especificaban las partidas de cimientos, pilares, estribos, relleno de juntas y tirantes armados con mortero de cemento Pórtland «Asland», arena de mar y agua. Los tirantes se proyectaron de pasamano de 17 × 5 mm.
>
> Es interesante considerar que Gaudí proyectó hormigón armado con cemento Pórtland de la fábrica «Asland» de Castellar de N'Hug (Berguedà, Barcelona) propiedad de Eusebio Güell e inaugurada tan solo dos años antes en 1904. (Bassegoda 2002).

Jardines de Can Artigas. Gaudí proyectó en 1905 un jardín junto al Llobregat en el municipio de la Pobla de l'Illet, cercano a la ubicación de la fábrica de cemento ASLAND, para el empresario textil Juan Artigas conocido como «los jardines de Can Artigas» actualmente de propiedad municipal (Bassegoda 1989).

Aunque no se cree que Gaudí participase activamente en el proyecto de la fábrica de cemento ASLAND en Castellar de N'hug, sí que colaboró en el diseño del chalet para los técnicos de las minas de las que se extraía el material de la fábrica (chalet de Catllaràs). En una de las visitas a la zona, le encargaron el diseño de los jardines de la familia Artigas. Entre 1905 y 1906 se realizó la obra que contó para ello con parte de los obreros que trabajaban en el Parque Güell. El recinto, que contaba con varios saltos de agua y una gruta natural, se adecuó con pasarelas y un puente sobre el río. El aspecto formal de estos elementos recuerda al de obras ya citadas como los jardines del Parque Güell y el Viaducto del Pomaret. Aunque no se ha realizado una restauración intrusiva parece razonable que los métodos constructivos empleados fuesen los mismos.

Conclusiones

Con esta comunicación se muestra que Gaudí utilizó hormigón armado en sus obras y que conocía el comportamiento de las estructuras armadas. Los primeros ejemplos son de 1903 en la construcción del Parque Güell donde empleó el nuevo material tanto en edificaciones como en viaductos y otros elementos del parque.

Estas estructuras las materializa con flejes metálicos de dimensiones variables y adaptando las estructuras a la ley de esfuerzos lo que demuestra su conocimiento sobre el comportamiento del material.

La única patente de estas características en Europa era la patente Habrich comercializada en Barcelona des de 1901. Las obras de Gaudí son posteriores y las características se corresponden perfectamente con las de este sistema constructivo así que es muy probable que fuese el método empleado por Gaudí en estas obras de principios del siglo XX.

Lista de referencias

Aguado, Ma. L.; Ribas, A. y Hosta, C. 2002. «La restauración de los pabellones de entrada del Park Güell». *Informes de la construcción,* 481-482:19-28.

ASLAND. 1954. *Libro del cincuentenario*. Barcelona: Seix y Barral.

Bassegoda i Amigo, J. 1925. «Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona». *Anuario de la asociación de arquitectos de Cataluña*.

Bassegoda i Nonell, J. 1971. «Gaudí ingeniero». *La Vanguardia*. Barcelona.,15 junio.

Bassegoda i Nonell, J. 1989. «El Jardín de Can Artias en la Pobla de Lillet». *La Vanguardia*. Barcelona, 23 de abril.

Bassegoda i Nonell, J. 1990. «La construcción tradicional en la arquitectura de Gaudí». *Informes de la Construcción*, 408: 9-16.

Bassegoda i Nonell, J. 2002. «Una obra ingenieril de Gaudí». *Revista OP ingeniería y territorio, Gaudí estructura y Naturaleza,* editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos. Barcelona, 59: 42-45.

Bergós Massó, J. 1953. *Materiales y elementos de construcción, estudio experimental*. Barcelona: Bosch.

Bergós Massó, J. 1954. *Gaudí l'home i l'obra*. Barcelona: Lundwerg.

Cuito, A. y Montes, C. 2002. *Gaudí, Obra Completa*. Barcelona: Loft Publicaciones.

Espel, R.; Gómez Serrano, J.; Grima, R. y Aguado. A. 2009. La evolución en la construcción de la Sagrada Familia. *Informes de la construcción*, 516: 5-20.

Grima, R.; Aguado, A. y Gómez-Serrano, J. 2007. «The use of concrete in Gaudi's Sagrada Familia». *International Journal of Architectural Heritage*, 4: 366-379

Mañà, F. 2002. «Restauración de la plaza del Parque Güell». Presentación docente.

Martín, H. 2000. «La introducción del hormigón armado en España: las primeras patentes registradas en este país».

En *Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla.

Mercader, L. 2002. *Antoni Gaudí escritos y documentos.* Barcelona: El Acantilado-Quaderns Crema.

Paricio, I. 1981. «El parque Güell de Barcelona. Una lección de construcción». *Revista CAU: construcción, arquitectura y urbanism,* 70: 46-66.

Rossenberg, K. 1913. *Los diversos sistemas de construcciones de cemento armado*. Barcelona: Editorial Feliu y Susana.

Santa María y Prieto. 1903. «Canal de Isabel II. Concurso para la cubierta y pilares del tercer depósito. Informe de los ingenieros Sres Santa María y Prieto». *Revista de Obras Pública,* 59:169-176.

Tarragó, S. 2002. «La relación estructura y forma en Gaudí». *OP ingeniería y territorio*, *Gaudí estructura y Naturaleza*. 59: 18-2. Editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos.

El acueducto de la matriz de Gijón. Estudio constructivo y análisis de materiales

Cristina Heredia Alonso

Los inicios de la Edad Moderna en la villa de Gijón se vieron reflejados en su reconstrucción urbana y afianzamiento del ámbito portuario. Hasta el momento, los límites de la villa se encontraban enmarcando únicamente la zona correspondiente al peñón de Cimadevilla (Fig. 1); sin embargo, un discreto crecimiento demográfico motivó que la población fuese desplazándose progresivamente hacia la zona del tómbolo que unía el peñón a tierra firme, siendo denominado este punto *Baxovilla* (Núñez y De la Madrid 2006, 21).

Dentro del nuevo marco de intervenciones urbanas promocionadas por el Regimiento gijonés, tuvo lugar la planificación y materialización de una nueva traída de aguas que vendría a solventar la carencia de agua para la creciente población. La constante necesidad del líquido traería aparejada entonces la búsqueda y captación de nuevos manantiales y fuentes, puesto que aquellos que habían surtido tanto a los vecinos —«la Fontica»— como a los buques del puerto —la de «la Barquera»— desde época romana (Blanco 2003, 11-12), se habían tornado insuficientes implicando a la población en una situación que llegó a alcanzar tintes dramáticos.

Se satisfacía así una de las necesidades más perentorias de la población, vinculándose la villa a las nuevas iniciativas modernas relacionadas con las grandes obras de saneamiento y fontanería promovidas por los poderes civiles en muchas urbes españolas desde los inicios del siglo XVI. A la sombra de la ciudad de Valladolid, villas y ciudades vieron cumplido el objetivo de contar con agua corriente para abastecer a sus vecinos, tal y como fue el caso de León, La Coruña, Santiago, Lugo, Huesca, Pontevedra, Benavente, Oviedo, Avilés, etc. (Cagigas, Aramburu-Zabala, Losada 2003, 102).

En el caso de Gijón, la entrada en la segunda mitad del siglo XVII se vio sumergida en una de las actuaciones más importantes de su historia al enfrentarse, aún sin saberlo, a una de las obras de mayor coste y envergadura de las realizadas hasta el siglo XIX[i]. Gracias a dicha iniciativa, el agua pudo llegar al centro neurálgico de Gijón, donde la nueva fuente —llamada de «la Plaza»—[ii] supuso el punto de partida de las aguas conducidas por el acueducto de la Matriz.

El presente artículo analiza y aporta datos inéditos acerca de la traza y ejecución del acueducto, confirmando la presencia de los arquitectos-fontaneros trasmeranos como principales artífices de la obra, y de los maestros de caños de Miranda de Avilés, suministradores de todos los tubos empleados para la conducción del agua. La fuente de información recabada permite establecer un minucioso examen sobre el tema en cuestión, basado en el manejo de la documentación histórica[iii] de los fondos municipales consistoriales, donde constan los primeros proyectos para el trazado del acueducto, las libranzas formalizadas para la compra de materiales, la tasación de la obra finalizada; y, especialmente, la escritura notarial que recoge el contrato de la obra acompañado de las condiciones, el remate y la fianza, acordado entre el consistorio gijonés y Simón Pérez Tío, artífice de la

traza. Así mismo, una reciente prospección arqueológica[iv] practicada en el centro de la ciudad actual sacó a la luz los restos de un tramo del antiguo acueducto, lo que permitió verificar la información escrita y analizar minuciosamente los materiales constructivos empleados en dicha construcción.

Análisis y perspectiva histórica del proyecto del Acueducto de la Matriz

La actuación del Regimiento fue rápida y eficaz, al registrarse numerosos acuerdos consistoriales en los que la preocupación por la falta de agua se hizo patente.[v] Tras la localización de un nuevo manantial que reuniese las condiciones necesarias para que el líquido pudiese abastecerse –tanto su calidad como la velocidad de flujo- y asegurar un correcto funcionamiento de la nueva red hidráulica, se acordó que el manantial de Llanío reunía todos los requisitos para que su agua fuese recogida. A principios de agosto de 1656 se solicitó la presencia de maestros fontaneros[vi] para que efectuasen el pertinente reconocimiento del manantial y su entorno, cuya respuesta favorable motivó que aprovechasen para presentar sus propias trazas del diseño y ejecución del arca matriz, donde se localizaría el origen del nuevo acueducto. Finalmente sus trazas fueron desestimadas y pronto se vio la intención consistorial de buscar un nuevo fontanero para que se ocupase del proyecto. Los regidores, conscientes de la afamada reputación de los maestros arquitectos trasmeranos especializados en el arte de la fontanería, requirieron la presencia de Simón Pérez Tío «fontanero de buena opinión el qual es nuevo para ver a esta fuente»[vii] para que se encargase de la obra del arca matriz.

Lo cierto es que, a pesar de la buena disposición del Ayuntamiento para iniciar las obras, éstas no hacían más que retrasarse, debiéndose generalmente a la falta de financiación por el elevado coste del proyecto. Cuatro años después de estas primeras iniciativas, en 1660, la red de abastecimiento ni se había comenzado. El primer paso que impulsó definitivamente la obra fue la solicitud de una Provisión Real[viii] concedida en 1661.[ix]

La celebración del remate tuvo lugar el mismo año. Tras ser pregonada por edictos públicos no sólo en el Principado de Asturias sino también en el «Reino de Galicia y partido de Burgos y de las quattro villas de Trasmiera y más partes donde residen los architectos mas peritos del arte»,[x] recayó en Simón Pérez Tío que formó compañía junto a su yerno Miguel de Albear, también fiador en la obra.[xi] Su postura ascendió a 11.900 ducados, abonados en dos plazos: 8.000 reales al inicio de la obra y lo que restaba a la cantidad total, dividido en otras ocho pagas según fuesen alcanzándose los plazos estipulados para finiquitar la obra, de tal manera que el Regimiento aseguraba una perfecta ejecución de la construcción y evitaba que los maestros se fuesen de la villa para participar en otras obras de mayor atractivo económico. Entre algunas de las condiciones[xii] para ejecutar la nueva traída se resaltaba la obligación de los maestros de aportar todos los materiales necesarios para la ejecución del acueducto, exceptuando la piedra y cal empleados. La primera de las pagas fue otorgada a comienzos de 1662, permitiendo así que los maestros se surtiesen de los materiales necesarios para ir iniciando las obras.



Figura 1

El proyecto arquitectónico del acueducto de la Matriz

Tal y como mencionamos con anterioridad, el magno esfuerzo económico al que tuvo que enfrentarse el Regimiento gijonés se tradujo en una obra que no hizo más que dilatarse en el tiempo. La construcción iniciada en 1662 se prolongó hasta 1667, momento en que a pesar de darse por finiquitada, se encontró posteriormente sujeta a constantes reformas y reparaciones. Por otro lado, también debemos destacar que los maestros trasmeranos retornaban a su lugar de origen durante los meses invernales y que la climato-

logía asturiana no favorecía el trabajo durante esta estación, con lo que la construcción se mantenía prácticamente abandonada en estos periodos y al regreso de los maestros fontaneros también éstos debían de invertir tiempo en reconstruir lo que se había estropeado en su ausencia, con lo que la obra se veía aún más retrasada.

El acueducto de la Matriz tomó su nombre del arca matriz emplazada en el manantial de Llanío, lugar de donde partía la conducción. La longitud total de su recorrido abarcaba aproximadamente unos 3.276 metros y discurría desde el arca matriz, localizada en las inmediaciones de la zona de Las Mestas, para atravesar el arenal de San Lorenzo y desembocar en la actual Plaza Mayor, donde el agua manaría de la conocida fuente de «la Plaza», en el «centro geográfico del Gijón de 1600» (Blanco 2003, 13).

En cuanto a sus rasgos estructurales y configuración original, el acueducto seguía fielmente las directrices marcadas en materia hidráulica por los tratadistas e ingenieros de la época (García 1990, 69 y ss.) por lo que no extraña que existan numerosas similitudes con otras obras llevadas a cabo anteriormente que, en líneas generales, tenían como referencia la traída de aguas de Argales (Valladolid) en la que intervino el arquitecto real Juan de Herrera, hacia 1580 (Kawamura 2006, 47). En este sentido, la documentación histórica aportó datos sumamente reveladores para conocer la verdadera identidad del edificio. El hallazgo de un documento relativo a las *Condiciones para la Nueva Fuente de la Guía*, hasta el momento inédito, permitió desentrañar el origen y los parámetros a seguir en la ejecución de la obra. Posiblemente fueron dictadas por Ignacio de Cajigal, maestro arquitecto fontanero de reconocido prestigio en el ámbito asturiano, que aunque no se mantendría al frente de la obra como maestro fontanero fue contratado como *beedor de la fuente*, velando por los intereses del Regimiento para que la obra fuese ejecutada en toda perfección.[xiii]

Desde el momento en el que el remate recayó en Pérez Tío, el maestro se centró en la reconstrucción del arca matriz que había sido levantada años atrás, hacia 1657,[xiv] puesto que se encontraba muy deteriorada. Así se construyó, a modo de refuerzo del arca principal, un paredón empotrado en el suelo por medio de vigas de roble y losas de piedra labrada[xv] y, a su vez, un desaguadero que daba salida y conectaba el agua procedente del manantial con la red hidráulica.

Desde allí, la conducción general se basaba en el uso de conductos subterráneos por los que fluía el agua. Para tal fin, se realizaron los huecos donde se insertaron los paredones de mampostería que custodiaban, como grandes cajas de piedra, la integridad de los arcaduces de barro. Pero por si esto fuese insuficiente y para conferirle una mayor perpetuidad y durabilidad a los arcaduces[xvi], toda la estructura se cubrió con ingentes cantidades de tierra y grandes losas de piedra[xvii].

Los arcaduces o tubos de barro merecen una mención aparte. En el momento en el que la construcción se puso en marcha, los arcaduces empleados fueron encargados a un taller local que, según revela la documentación escrita, se localizaba en las inmediaciones de la villa, en Granda.[xviii] Estos tubos no debieron reunir las cualidades requeridas por las condiciones de la obra, al presentar constantes problemas debido a las roturas y consecuentes pérdidas del líquido. Por ello, pronto se buscó un nuevo producto que, aunque más caro, ofertaba la calidad y garantía necesarias asegurando el flujo del agua. Así sabemos que Simón Pérez Tío contactó con los maestros de caños de Miranda de Avilés que también habían participado en las obras de otras traídas de aguas en Asturias, tanto en Oviedo como en Avilés. Los alfareros avilesinos se habían especializado en este tipo de producción y proporcionaban tubos más eficaces y resistentes para las conducciones. Con total probabilidad, la experiencia de Cajigal como maestro fontanero de Oviedo en la misma centuria favoreció que los encargos fuesen desde entonces realizados a los cañeros mirandinos (Heredia 2007, 75-119) ya que al redactar las



Figura 2



Figura 3

condiciones para la nueva fábrica se estipulaba que el maestro fontanero encargado de las obras «deve traerlos desde aquí en delante de los de aviles».[xix] El Regimiento insistiría mucho en esta cuestión, puesto que a pesar de una mayor carestía del material empleado se ahorrarían tiempo y costes adicionales al no tener que cambiarlos por otros caños nuevos prematuramente.

Paralelo a los conductos, también se construyó un pasillo por el que el maestro fontanero recorrería el trayecto completo de la traída para atender su limpieza y asegurar un correcto estado de los arcaduces (Fig. 2). Así mismo, para finiquitar la estructura general de los conductos y pasillos fueron levantados dos grandes muros de sillería labrada, de aproximadamente 1.70 metros de altura, cerrados por una cubierta ligeramente abovedada (Fig.3).

La canalización general (Fig. 4) se veía únicamente interrumpida por un total de 80 arquetas dispuestas a lo largo de dicho entramado hidráulico,[xx] ejecutadas a base de sillares labrados para los muros y mampostería calada en las zonas de refuerzo. Más o menos monumentales y con una altura aproximada de 1.68 metros, presentaban puerta de acceso y una ventana cuadrangular ciertamente amplia que facilitaban las labores de vigilancia y supervisión de la conducción por parte del maestro de fuentes. Además, la puerta se encontraba comunicada con unas pequeñas escaleras que conectarían la parte externa de las arquetas con el pasillo subterráneo.

De todas las arquetas, por oposición al arca matriz que funcionaba como captación del agua procedente del manantial, la última arqueta asumió la función de desembarcadero de la fuente y como tal poseyó un mayor empaque que las demás edificaciones. En uno de sus muros tenía labrado el escudo de armas reales y, en la parte superior, la estructura se culminó con un cierre almenado que respetaba la fisionomía del entorno, tanto de la Torre del Reloj[xxi] como del muro continuo que corría desde la zona donde se encontraba dispuesta la fuente de la Plaza hasta llegar a la iglesia de San Pedro.[xxii]

La villa de Gijón vio concluida la obra del acueducto de la Matriz y por tanto su traída de aguas a finales del año 1667.[xxiii] Sin embargo, aparte de ser sometida a revisiones periódicas que verificarían el estado de los conductos y el flujo del agua, el Regimiento continuó desembolsando fondos para afrontar la sustitución de los materiales y elementos dañados en la obra, a causa generalmente de los efectos climatológicos sobre la construcción. La constante rotura de los arcaduces implicaba su reemplazo por otros tubos nuevos para evitar la pérdida de líquido elemento, por lo que para la provisión de estos materiales se siguió contratando la mano de obra de los maestros de caños de Avilés a largo de toda la centuria.

La fuente de la Plaza

La traída de aguas de la Matriz se finiquitó con la construcción de una fuente, un alberque para las bestias y un lavadero. Ante la falta de salubridad que acusaban las fuentes y caños públicos de muchas ciudades españolas, debido a que los vecinos lavaban su ropa y alimentos en ellas, además de permitir que el ganado bebiese directamente de sus aguas, motivó que muchos Ayuntamientos requiriesen la construcción de lugares específicos para tales fines, evitándose así muchísimos problemas que afectaban directamente a la salud de sus moradores.

El alberque se dispuso cercano a la última arqueta y el lavadero adosado a uno de los salientes de la fuente, encontrándose reforzado por medio de unos paredones que ofrecían una mayor resistencia a la violencia del oleaje marítimo. Según se desprende de la documentación histórica, sabemos que ambas construcciones gozaban de una gran amplitud para atender a su funcionalidad y que ellas se emplearon los sillares labrados para levantar sus muros.

En cuanto a la fuente de la Plaza, estructural y es-

tilísticamente respondía al modelo clasicista que ya había sido empleado anteriormente en la fuente de la Barquera por otro maestro fontanero, Gonzalo de Güemes Bracamonte. Así la fuente se adosó a un paredón de sillería en el que se dispusieron los caños por los que manaría el agua y fue decorada escuetamente con los escudos de armas reales que el mismo Pérez Tío debía labrar. Tipológicamente se aplicó un modelo que ya habían utilizado otros maestros fontaneros que habían trabajado en Asturias, como fue el caso de Pedro y Gonzalo de la Bárcena. Estos trasmeranos ya habían implantado esta experiencia en las fuentes ovetenses[xxiv] y en las avilesinas,[xxv] teniendo como prototipo otras fuentes diseñadas por ellos en la ciudad de Lugo: la de la Porta Miñá, San Pedro y la Magdalena (De Abel, González y Salvador 2009, 32-53).

Breve análisis de los materiales empleados

El estado actual del acueducto de la Matriz se encuentra seriamente dañado y en el más absoluto abandono. Del único tramo que hoy se conserva, la autora tuvo la oportunidad de tomar varias imágenes[xxvi] que dan cuenta de su estado en la actualidad y corroborar la información aportada por la documentación histórica.

Así mismo, gracias a la prospección arqueológica efectuada en la plaza del Instituto de Gijón —por donde también discurría la conducción— se extrajeron los restos de una parte del acueducto y multitud de fragmentos correspondientes a los arcaduces de barro, cuyas características avalan el origen del taller al que fueron encargados.

En cuanto a los muros de la construcción, ya habíamos comentado que se habían utilizado los sillares labrados en piedra arenisca, extraída de las canteras de la Coria y Roces (Gijón).[xxvii] Perfectamente escuadrados, hoy aparecen entremezclados con otros materiales como el ladrillo, fruto de reformas contemporáneas que lo alejan de su aspecto original.

En lo referente a los conductos, las fuentes documentales aportan muchos más detalles que nos permiten conocer no solamente su procedencia y el taller al que fueron encargados, también podemos constatar la utilización de otros materiales complementarios que dotaban de cierta impermeabilidad a los tubos impidiendo que se produjesen fugas de agua, tales como cal, betunes, etc.

La intervención arqueológica rescató numerosos restos de fragmentos de tubería de barro, entre los que pueden establecerse dos tipologías. La primera, constituida por un menor número de fragmentos, se corresponde con una serie de tubos cerámicos cocidos bajo atmósfera oxidante, siendo de factura mucho más tosca y de peor calidad que los que se corresponden con la segunda tipología. Tal y como habíamos mencionado, la procedencia de estos tubos queda mencionada explícitamente en los documentos, siendo fruto del trabajo de talleres alfareros locales, establecidos en las inmediaciones de la villa, concretamente en la parroquia de Granda. En cuanto a la segunda, su conjunto está constituido por un mayor número de fragmentos que, en algunos casos, se conservaron prácticamente intactos o con escaso deterioro. Su cocción, bajo atmósfera reductora, y una práctica perfección en su ejecución vienen a confirmar lo que ya apuntaban los textos manejados, tanto la procedencia mirandina de los caños empleados como su cronología —segunda mitad del siglo XVII.[xxviii]

Conclusión

La participación de los maestros arquitectos trasmeranos más relevantes de la centuria permite situar la obra del acueducto en el mismo contexto de las grandes intervenciones edilicias efectuadas en el ámbito peninsular durante la Modernidad. Su profesionalidad a la hora de enfrentarse a este tipo de obras y su interés por el trabajo con los materiales de mejor calidad, motivaron que fuesen requeridos por encima de otros maestros de origen local. A su vez, la asociación de estos maestros fontaneros con los maestros de caños de Miranda de Avilés constituyó la clave para el diseño y ejecución de estas redes de abastecimiento.

El acueducto de la Matriz solventó, hasta los inicios del siglo XIX, los problemas de abastecimiento de agua a la población de Gijón. A medida que la urbe fue creciendo espacial y demográficamente, la escasez de agua volvió a convertirse en una realidad. El edificio iría sufriendo un abandono progresivo en favor de la ejecución de una nueva traída de aguas conocida como «la de Llantones», promovida por el industrial Anselmo Cifuentes (Blanco 2003, 19) y en

ella se vinieron a utilizar otros materiales radicalmente opuestos más acordes con la Contemporaneidad.

Notas

1. Todos los datos aportados en relación al estudio de la traída de aguas de la Matriz de Gijón son inéditos y forman parte de la investigación en curso por la autora para su tesis doctoral, dirigida por la Dra. Yayoi Kawamura en el Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Oviedo.
2. La fuente de la Plaza fue así conocida por estar localizada en la zona que actualmente ocupa la Plaza Mayor, centro estratégico del Gijón moderno.
3. La documentación histórica se encuentra custodiada tanto en el Archivo Municipal de Gijón como en el Archivo Histórico de Asturias.
4. Gabinete Arqueológico 2011, Proyecto de aparcamiento subterráneo en la Plaza del Instituto -El Parchís- (Gijón). Memoria del seguimiento arqueológico. Servicio de Patrimonio de la Consejería de Cultura del Principado de Asturias; Alonso, N. Heredia, C. y Requejo, O. 2011, "Arqueología urbana de Época Moderna: La Plaza del Instituto -El Parchís- (Gijón, Asturias)". IV Jornadas de Jovens em Investigaçâo Arqueológica (JIA 2011). Faro (Portugal).
5. Heredia, C. 2010, "El abastecimiento de aguas a la villa de Gijón en el siglo XVII: el acueducto de la Matriz", I Symposium Internacional "Gentes del Mar. Historia y Arqueología en el litoral del Arco Atlántico", Luanco (Asturias), en prensa; Ídem 2010, "El acueducto de la Matriz de Gijón y la intervención del maestro trasmerano Simón Pérez Tío", Liño 16, 59-66.
6. Los maestros fontaneros Pablo de Castro, de Llanes (Asturias), y Mateo de Velasco y su padre, procedentes de la merindad de Trasmiera (Cantabria) fueron los encargados de comprobar el estado del manantial y presentar sus trazas para llevar a cabo el arca matriz de la traída de aguas. Archivo Municipal de Gijón (A. M. G.) Libro de Acuerdos 1656-1661, ff. 28v.-29r. (9-VIII-1656).
7. A. M. G. Libro de Acuerdos 1656-1661, f. 42r. (29-IX-1656).
8. A. M. G. Libro de Acuerdos 1656-1661, ff. 17v.-19r. (4-I-1660), f. 22.v. (4-III-1660).
9. A. M. G. Libro de Acuerdos 1656-1661, f. 32r. (14-VII-1661).
10. A. M. G. Libro de Acuerdos 1656-1661, ff. 47v.-50v. ff. 55v-56r. (21-IX-1661).
11. A. M. G. *Libro de Acuerdos 1656-1661,* ff. 3v.-4v. (21-I-1662). A. M. G. *Caja 1661-1668, Escritura de la obra de la fuente,* f. 13v. (20- XI-1661). Otros fiadores de Pérez Tío en la obra, además de Miguel de Albear y Velasco, fueron: Pedro de Cubas, Juan Calderón Carriazo, Juan de la Portilla, Lucas y Juan Fernández y Berzado, Domingo y Francisco Fernández de la Espada, Juan de Hontañón y Velasco, Antonio de Hontañón, Francisco de Hontañón y Francisco de Casuso, entre otros.
12. A. M. G. *Libro de Acuerdos 1662-1663,* f. 17bis. (5V-1662). La autoría relativa a las *Condiciones para la Nueva Fuente de la Guía* puede adjudicarse al conocido trasmerano Ignacio de Cajigal, maestro arquitecto que también fijó su postura en el remate. Tras la celebración del mismo y al haber recaído en Simón Pérez Tío, Cajigal actuó como supervisor de las obras al servicio del consistorio.
13. A. M. G. *Expediente especial 134-141: Traída de aguas de Llantones (1/3),* f. 5v. (20-X-1662), f. 7r. (27-X-1662).
14. A. M. G. *Libro de Acuerdos 1656-1661,* f. 5r. (12-III-1657).
15. Quinta condición. A. M. G. *Caja 1661-1668,* f. 4r. (s/f.).
16. Uno de los principales problemas que se acusaban en el funcionamiento de estas redes hidráulicas era la rotura de los tubos o arcaduces por donde discurría el agua, por ello la estructura en la que venían insertos debía de encontrarse bien reforzada. En aquel momento, las ruedas de los carros tenían grandes salientes que se enclavaban en el suelo para un mejor agarre a la superficie y penetraban profundamente en la tierra, constituyendo uno de los principales problemas traducidos en la rotura de los caños de barro.
17. Sexta condición. A. M. G. *Caja 1661-1668,* f. 4r. (s/f.)
18. El que los maestros trasmeranos se especializasen en el ámbito fontanería, implicó que siempre trabajaran con los mejores materiales, aunque éstos fuesen de coste más elevado. Fue esta cuestión la que motivó que afrontasen de manera conjunta la obra en la que intervenían, ajustando con los "cañeros" –los alfareros dedicados a la producción de caños- encargos de verdadera importancia económica. Heredia Alonso, C. 2007, *Los alfareros de Miranda de Avilés y la traída de aguas a la ciudad moderna asturiana,* estudio dirigido por la Dra. Yayoi Kawamura y presentado como trabajo de investigación inédito correspondiente a los cursos de Doctorado (2005-2007) en el Dpto. de Historia del Arte y Musicología de la Universidad de Oviedo. Oviedo, 2007, pp. 126-161.
19. A. M. G. *Expediente especial 134-141: Traída de aguas de Llantones (1/3),* f. 7r. (27-X-1662).
20. Vigésimo cuarta condición. A. M. G. *Caja 1661-1668,* f. 9r. (s/f.)

21. La Torre del Reloj, construida en 1572 sobre los cimientos de una de las torres de la antigua muralla, funcionó como casa consistorial del concejo hasta finales del siglo XVII (Núñez y De la Madrid 2006, 21) . La parte superior del edificio se encontraba rematada con almenas. La intencionalidad de rematar la última arqueta con estos mismos elementos reflejaba así la promoción edilicia de la obra. Vigésimo primera condición. A. M. G. *Caja 1661-1668.* f. 8v. (s/f.).
22. La última arqueta debió de coincidir con el emplazamiento de la nueva puerta de la villa que también Pérez Tío se encargó de ejecutar. Vigésimo primera condición. A. M. G. *Caja 1661-1668,* f. 8v. (s/f.).
23. A. M. G. *Libro de Acuerdos 1666-1670,* f. 147r. (1-IX-1667).
24. La fuente de la Plaza de la catedral seguía este mismo patrón estilístico, según un dibujo localizado por Kawamura (Kawamura 2006, 48-49).
25. La autora realizó un exhaustivo análisis estilístico de la fuente de los Caños de San Francisco y de San Nicolás de Avilés, en función de las *Condiciones, modo y traza para haber de hacer como se hiço la fuente de Valparaíso (...).* (Heredia 2007, 92-103).
26. Las fotografías fueron tomadas por la autora en mayo de 2009, gracias a la colaboración de los trabajadores de la Empresa Municipal de Aguas de Gijón. Las imágenes muestran el estado actual del único tramo conservado del acueducto de la Matriz.
27. A. M. G. *Caja 1661-1668,* f. 5v. (s/f.).
28. Datos inéditos recogidos en la tesis doctoral, en curso, de la autora.

Lista de referencias

Fuentes manuscritas

Archivo Municipal de Gijón (A. M. G.).
Archivo Histórico de Asturias (A. H. A.).

Alonso Ruiz, B. 1992. *El arte de la cantería. Los maestros trasmeranos de la Junta de Voto*. Santander: Universidad de Cantabria, Asamblea Regional de Cantabria.

Alonso, N. Heredia, C. y Requejo, O. 2011. «Arqueología urbana de Época Moderna: La Plaza del Instituto -El Parchís- (Gijón, Asturias)». *IV Jornadas de Jovens em Investigação Arqueológica* (JIA 2011). Faro (Portugal).

Blanco, H. 2003. *La ciudad del agua. Historia del abastecimiento público de agua en Gijón.* Gijón: Ayuntamiento de Gijón.

Cagigas Aberasturi, A. Aramburu-Zabala, M. Á. Losada Varea, C. 2003. *Biografía de Juan de Herrera. Arquitecto de Felipe II (1567-1579).* Santander: Fundación Obra Pía Juan de Herrera.

De Abel Vilela, A. González Rodríguez, A. Salvador Fernández, J. 2009. *A fonte da Porta Miñá e o Pazo de Orbán. Proxecto de Rehabilitación.* Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.

Gabinete Arqueológico 2011. *Proyecto de aparcamiento subterráneo en la Plaza del Instituto -El Parchís- (Gijón). Memoria del seguimiento arqueológico.* Servicio de Patrimonio de la Consejería de Cultura del Principado de Asturias.

García Tapia, N. 1990. *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español.* Valladolid: Universidad de Valladolid-Caja de Ahorros de Salamanca.

Heredia Alonso, C. 2007: *Los alfareros de Miranda de Avilés y la traída de aguas a la ciudad moderna asturiana,* estudio dirigido por la Dra. Yayoi Kawamura y presentado como trabajo de investigación inédito correspondiente a los cursos de Doctorado (2005-2007) en el Dpto. de Historia del Arte y Musicología de la Universidad de Oviedo, Oviedo.

Heredia, C. 2007. «Los alfareros de Miranda de Avilés y la traída de aguas de la ciudad moderna asturiana. Avance de una investigación». *Actas de las VIII Jornadas de INCUNA: Ingenierías, arquitecturas y culturas del agua.* Colección Los ojos de la memoria. Gijón: CICEES.

Heredia, C. 2008. «La traída de aguas del barrio avilesino de Sabugo, traza y obra de Pedro de la Bárcena». *Liño* 14, Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

Heredia, C. 2010. «El abastecimiento de aguas a la villa de Gijón en el siglo XVII: el acueducto de la Matriz», *I Symposium Internacional «Gentes del Mar. Historia y Arqueología en el litoral del Arco Atlántico».* Luanco (Asturias): en prensa.

Heredia, C. 2010., «El acueducto de la Matriz de Gijón y la intervención del maestro trasmerano Simón Pérez Tío», *Liño* 16. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

Kawamura, Y. 2006. *Arquitectura y poderes civiles. Oviedo 1600-1680*. Oviedo: Real Instituto de Estudios Asturianos.

Núñez Fernández, E. De la Madrid Álvarez, J. C. 2006. *Una historia de papel. 500 años en los documentos del Archivo Municipal de Gijón*. Gijón: Ayuntamiento de Gijón.

Sistemas y materiales de construcción en los inicios del Movimiento Moderno español. El Rincón de Goya. 1927-1928

Rafael Hernando de la Cuerda

GENERACIÓN DEL 25 Y G.A.T.E.P.A.C.

En Madrid, trabaja un grupo de arquitectos que se inician profesionalmente entre 1918 y 1923.

Rafael Bergamín (nacido en 1891-titulo en 1918 muerto en 1970), Luis Blanco Soler (n.1894-t. 1918-m. 1988), Regino Borobio (n. 1895-t. 1919-m 1976), Casto Fernández Shaw (n. 1896-t. 1919-m. 1978), Miguel de los Santos (n. 1896-t. 1920-m. 1991), Manuel Sánchez Arcas (n.1895-t. 1920-m. 1970), Luis Lacasa n. 1896-t. 1921-m. 1966), Fernando García Mercadal, (n. 1896-t. 1921-m. 1985), Carlos Arniches (n. 1897-t. 1922-.m 1955), Martín Domínguez (n. 1897-t. 1922-m. 1970) y Luis Gutierrez Soto (n. 1900-t. 1923-m. 1977). A estos arquitectos, Carlos Flores les denomina Generación del 25, debido a la influencia, reconocida por ellos mismos, del viaje que realizan recién titulados a la Exposición de Artes decorativas de Paris de 1925.

En esta exposición, pudieron contrastar el regionalista Pabellón de España del arquitecto P. Bravo, con las propuestas de Le Corbusier en el Pabellón de l´Esprit Nouveau, de Zajkowski en el Pabellón de Polonia, de Hoffman en el Pabellón de Austria, de Mallet-Stevens en el Pabellón de Turismo, así como del uso del ladrillo en el pabellón holandés, que condujo a alguno de ellos a viajar a Ámsterdam y a Hilversum.

Este grupo, junto con el arquitecto mas influyente del momento en España, algo mayor que ellos, Secundino Zuazo (n. 1887-t. 1913-m. 1970), y el ingeniero de caminos Eduardo Torroja (n. 1889-t 1923-m. 1961) desarrollan una arquitectura racionalista con varias sensibilidades, pero con un esfuerzo común de desornamentación y de búsqueda de nuevas soluciones frente al regionalismo dominante en ese primer cuarto de siglo, y que entronca con las corrientes europeas de vanguardia.

Este grupo de arquitectos mantienen una relación importante con la arquitectura que se está realizando fuera de España, en gran medida fruto de periodos de formación y viajes de estudio. En este sentido es de reseñar algunos hechos que inciden en esta dirección:

– La donación a la biblioteca de la ETSAM por parte de Francisco Cebrián de una colección de libros y revistas de arquitectura contemporánea moderna ayudó significativamente en la formación de estas generaciones de estudiantes.

La colección constaba de los anuarios de la Deutscher Werkbund, revistas inglesas, americanas, alemanas, y monografías de los arquitectos alemanes [Behrens, Poelzig], y estadounidenses [Sullivan, Wright] más importantes.

– El viaje de estudios que realizan un numero significativo de los arquitectos licenciados entre 1918 y 1923, a la Exposición Internacional de Artes Decorativas de París en 1925, y que origina la identificación como grupo por parte de Carlos Flores como «generación del 25».

– La formación en el extranjero de varios de los arquitectos de esa generación.

Luis Lacasa permanece en Alemania entre 1921 y 1925, donde asiste como alumno a la Escuela Técnica de Munich, reside tres meses en la Bauhaus de Weimar y se establece y colabora con Wolf en la Oficina de Urbanización de Dresde.

Luis Blanco Soler viaja entre 1923 y 1925 por Italia, Francia e Inglaterra, trabajando en París con Henry Sauvage y en Londres con Edwin Lutyens.

Manuel Sánchez Arcas sigue en 1922-23 un curso de Urbanismo en Londres con Robert Atkinson y posteriormente en 1925 viaja por Holanda.

Rafael Bergamín para preparar el concurso del Aeropuerto de Barajas en Madrid, viaja en 1929, junto Luis Blanco-Soler por Francia, Holanda, Inglaterra Alemania y Países Nórdicos.

Carlos Arniches y Martín Dominguez realizan también varios viajes por Europa.

– Fernando García Mercadal viaja entre 1923 y 1927 por Italia, Austria, Grecia, Turquía, Francia, Bélgica, Holanda, Alemania e Inglaterra y realiza estudios universitarios en la Escuela Técnica Superior de Charlottemburgo en Berlín con Hans Poelzig y Hermann Jansen (1926) y en el Instituto de Urbanismo de la Sorbona en París (1925 y 1927).

Cuando vuelve a España, organiza a partir de 1928 un ciclo de conferencias en la Residencia de Estudiantes, y trae entre otros a Le Corbusier, Theo van Doesburg, Gropius, y Gideon.

También facilita la comunicación entre arquitectos de Alemania, Francia y España, generándose algunas colaboraciones profesionales muy importantes. Mercadal pone en contacto a Jansen y Zuazo para el concurso internacional de 1929 en Madrid, determinante para la ciudad.

– La colaboración de varios de estos arquitectos en la revista Arquitectura, difundiendo la arquitectura europea en España. Como órgano de difusión desde 1918 la Sociedad Central de Arquitectos, empieza a publicar la revista Arquitectura a cargo del poeta y pintor José Moreno Villa, y en ella publican Bellido, Giner de los Rios, Bergamín, Yarnoz, Guitard, Lacasa, Sánchez Arcas, Blanco Soler, Anasagasti, Rivas Eulate, Salvador, Zuazo, Závala, López Otero, Torres Balbás, Garcia Mercadal, y Fernández Balbuena entre otros. Desde 1927 colabora asiduamente Theo van Doesburg, se publican noticias sobre los CIAM, el Werkbund, la obra de Le Corbusier y Gropius, las investigaciones arqueológicas de Torres Balbás, se presentan las primeras obras menores adheridas al movimiento moderno, como son las tiendas de Domínguez, Arniches y Bergamín, y se publican los artículos de García Mercadal desde el extranjero y sus teorías sobre «arquitectura mediterránea», en defensa de una plástica pura, limpia, horizontal, desornamentada y racionalista.

Aunque la generación del 25 nunca llega a ser un grupo coherente de vanguardia, ni alcanza la modernidad y el radicalismo que se conseguiran en las propuestas posteriores del Gatepac, en él se gestan y construyen los primeros edificios realmente modernos en España: El Rincón de Goya en Zaragoza de García Mercadal (1927-1928), la Estación de Servicio de Petróleos Porto-Pi en la calle Alberto Aguilera en Madrid, con estructura de hormigón armado, de Casto Fernández-Shaw (1927), y la casa para el Marqués de Villora en la calle Serrano 130 en Madrid, de Rafael Bergamín (1927), con una vuelta al ladrillo que tanto le había impresionado en Holanda.

Estos edificios de pequeño tamaño, se construyen simultáneamente a las Exposiciones Internacionales de 1929 de Sevilla, con carácter regionalista, plateresco y barroco y de Barcelona con un carácter más académico, clásico y monumentalista.

A finales de los años 20, en la dirección de arquitectura moderna fructifican iniciativas que van a posibilitar que en 1930 se conforme el primer grupo coherente de vanguardia en España.

En este sentido es de reseñar algunos hechos que inciden en esta dirección:

– Le Corbusier con el pintor Ozenfant y el poeta Dermée en octubre de 1920 comenzó a publicar la revista «L´Esprit Nouveau», dedicada a las artes plásticas en la que publicó los escritos, recopilados más tarde en 1923 en «Vers une architecture». Esta publicación tuvo una gran repercusión en los jóvenes estudiantes de arquitectura españoles.

- Organizada por la Deustch Werkbund la exposición de la colonia Weissenhof en Stuttgart, fue planteada como una solución permanente, en la investigación de nuevas formas constructivas, nuevos tipos de vivienda y forma de vida. Materializó la investigación de prototipos de vivienda para nuevos barrios, con soluciones experimentales de racionalización y estandarización, aptas para su repetición en serie y tuvo una gran repercusión en las revistas especializadas, y en particular en España a través de la revista Arquitectura.
- La constitución de los CIAM entre el 26 y el 28 de junio de 1928 y la publicación del Manifiesto del CIAM I en La Sarraz propician que esta nueva arquitectura comenzase a aparecer frente a la opinión pública como un movimiento, es decir, como una acción conjunta articulada hacia una dirección: el Movimiento Moderno en Arquitectura. Fernando García Mercadal y Juan de Zavala asistieron invitados a título individual.
- Exposición «Arquitectura Nova» en las Galerías Dalmau 13 y 27 abril de 1929 en la que participan junto a los arquitectos Nicolau M. Rubió i Tudurí (n. 1891-t. 1916-m 1981) y Antoni Puig Gairalt (n. 1887-t. 1918-m. 1935) los arquitectos de la nueva generación Josep Lluis Sert (n. 1902-t. 1929-m. 1983), Sixte Illescas (n. 1903-t. 1928-m. 1986), Josep Torres Clavé (n. 1906-t. 1929-m. 1939), Germá Rodríguez Arias (n. 1902-t. 1925-m. 1987), Ricard Churruca (n. 1901-t. 1926-m. 1963), Francesc Fábregas (n. 1901-t. 1925-m. 1942), Cristòfor Alzamora (n. 1905-t. 1930-m 1975) y Francesc Perales (n. 1905-t. 1931-m. 1956).
- CIAM II en Frankfurt. 24-26 de Octubre de 1929. La vivienda para el mínimo nivel de vida. Asisten Fernando García Mercadal, Amós Salvador Carreras (n. 1879-t. 1902-m. 1963), José Manuel Aizpurúa (n. 1904-t. 1927-m. 1936), Luis Vallejo (n. 1901-t. 1927-m. 1964), Josep Lluis Sert y Joseph Torres Clavé
- En 1929-30 se construyen el Club Náutico de San Sebastián de José Manuel Aizpurúa y Joaquín Labayen (n. 1900-t. 1927-m. 1996) y la casa Villaró en la avenida del Coll del Portell de Barcelona de Sixte Illescas
- Exposición Internacional de Barcelona 1929. Pabellón alemán de Mies Van der Rohe.
- Exposición de pintura y arquitectura contemporánea organizada por el Ateneo Guipuzcoano en el local del Gran Casino de San Sebastián en septiembre de 1930, con montaje de José Manuel Aizpurúa y Fernando García Mercadal.

El grupo de arquitectos españoles de ideología moderna se organiza en las reuniones motivadas por la exposición de San Sebastián en la que participan la mayoría y se constituyen en Zaragoza el 26 de octubre de 1930, como G.A.T.E.P.A.C. (Grupo de Arquitectos y Técnicos Españoles para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea) con tres subgrupos, uno en el centro (Madrid), otro en el norte (San Sebastián y Bilbao) y otro en el Este (Barcelona).

Tiene por objeto contribuir al desarrollo de la nueva orientación universal en arquitectura y resolver y estudiar los problemas que se presentan en su adaptación a nuestro medio.

Tanto los asistentes a la reunión fundacional como los que se suman como socios directores, con la única excepción de Fernando García Mercadal son arquitectos que han nacido a partir de 1900.

La constitución del G.A.T.E.P.A.C. como grupo coherente de vanguardia, facilita acometer y así ocurre aunque únicamente en el grupo Este (G.A.T.C.P.A.C.), planteamientos y proyectos más ambiciosos como la Casa Bloc, el Plan Maciá, el dispensario central antituberculoso, La ciudad de reposo y vacaciones para la ciudad de Barcelona. Proyectos y edificaciones de mayor tamaño y con nuevos planteamientos conceptuales.

La revista AC, órgano de expresión del GATEPAC, se publica trimestralmente en Barcelona desde comienzos de 1931 hasta junio de 1937, con redacciones en las tres ciudades de los grupos Centro, Norte y Este: Madrid, San Sebastián y Barcelona, y especialmente impulsada por J.L. Sert y Torres Clavé.

El rincón de Goya

La idea de un gran parque en Zaragoza arranca a finales del XIX y se plantea al sur de la ciudad, el parque del Cabezo de Buenavista que aunque se considerara alejado del casco, se ligaba a la cubrición del

río Huerva y a la edificación de vivienda rodeada de vegetación en la futura Gran Vía con línea de tranvías en un plan de ensanche de la ciudad. Esta situado en uno de los puntos más altos de la ciudad con 251 m. sobre el nivel del mar en el cabezo

Se encarga la redacción del Proyecto al ingeniero de Montes Martín Agustín (figura 1).

Se inicia la construcción del parque en 1923.

La campaña del General Primo de Rivera «un parque para cada ciudad» da impulso a las obras, creándose en 1924 un Patronato para la construcción, expropiaciones y plantaciones. En 1927 el parque está prácticamente acabado.



Figura 1
Plano del Parque Primo de Rivera. Autor Martín Agustín (Marco y Buil 2009)

El lugar elegido para la construcción del Rincón de Goya está ubicado al sur del parque en una zona protegida por ser un anfiteatro natural formado por el río Huerva, el mismo que pasa junto a la localidad de Fuendetodos, lugar de nacimiento de Goya, que de esta manera se convierte en hilo conductor que entrelaza la vida y el recuerdo del pintor (figura 2).

Se modifica totalmente el trazado de Martín Agustín que existía en esta zona sur del parque.

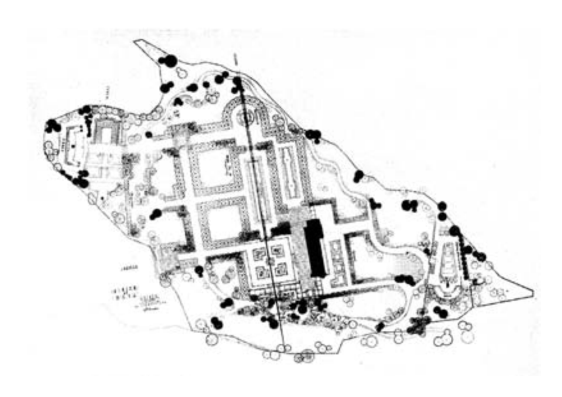


Figura 2
Plano de la propuesta del Rincón de Goya. Autor Fernando García Mercadal (Revista Arquitectura julio 1928)

El proyecto se elabora entre 1926 y 1927. La construcción se comienza en el verano de 1927 y se acaba para su inauguración el 16 de abril de 1928. Los jar-



RINCÓN DE GOYA EN ZARAGOZA
ARQUITECTO F. GARCIA MERCADAL.

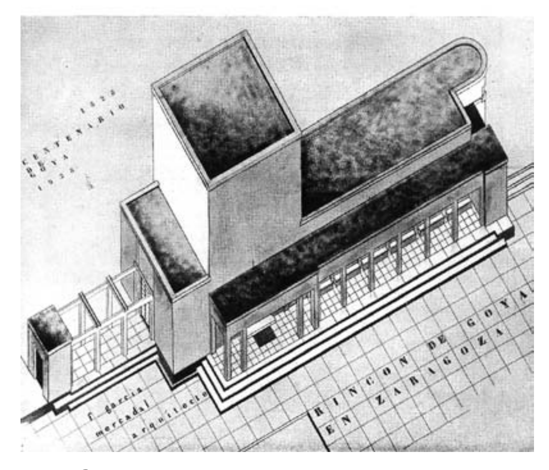


Figura 3
Alzado y Axonometrica de la propuesta del Rincón de Goya. Autor Fernando García Mercadal (Revista Arquitectura julio 1928)

dines completos no llegan a finalizarse nunca. En un amplio jardín se ubica el edificio que aloja la biblioteca y la sala de exposiciones. El jardín y el edificio se entrelazan mediante pérgolas construidas de hormigón y zonas con dobles filas de árboles que ayudan a configurar el parque.

Todo el jardín está dispuesto según una estructura geométrica con formas cuadradas y rectangulares (figura 3).

El Rincón de Goya es un Museo-biblioteca-sala de conferencias y exposiciones con posibilidad de exponer en el interior y en el exterior. Conceptualmente es precursor de lo que después conoceremos como Casa de Cultura (figura 4, figura 5 y figura 6)).

El edificio construido es un pabellón y los volúmenes que se corresponden con cada estancia se reflejan al exterior. Consta de tres cuerpos principales de alturas y plantas desiguales; el central de acceso Goya es de planta cuadrada y el más alto con 11 metros de altura exterior; el cuerpo de la derecha Fuendetodos 1746 al que se accede bajando tres peldaños es de planta rectangular y acaba en un ábside, con un tramo recto y un semicírculo, desplazado hacia la parte posterior. En el tramo recto del ábside perpendicularmente se accede a dos estancias de menor tamaño de carácter funcional (1 aseo y 1 anteaseo estancia almacén). Este ábside está alineado en el eje de los accesos desde la sala central; el cuerpo de la izquierda Burdeos 1928 es de menor tamaño, también de planta rectangular, pero con su lado largo perpendicular a la fachada de acceso. Las dos salas Fuendetodos 1746 y Burdeos 1928, tienen la misma altura de 5,40 metros de altura exterior.

Por delante de los dos primeros volúmenes recorren todo su frente un pórtico, donde se encuentra la puerta de acceso (único hueco en la fachada principal), y una stoa adinteladas hasta la estancia funcional aseo que queda incorporada en el volumen y es el límite donde se acaba la zona exterior. La altura del volumen de este frente, tanto si es interior como exterior es de 4,00 metros, algo menor que las anteriores.

Desde el volumen de la izquierda en el eje anteriormente explicado se abre la segunda puerta del pa-

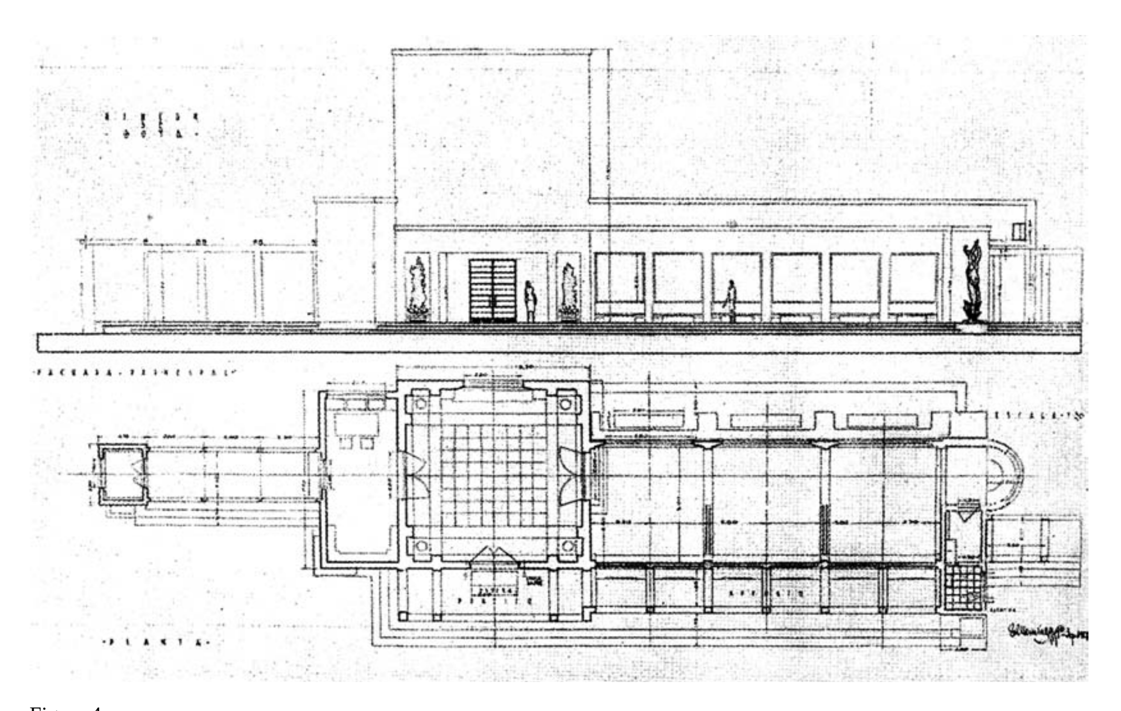


Figura 4
Planta y alzado principal de la propuesta del Rincón de Goya. Autor Fernando García Mercadal (Revista Arquitectura julio 1928)

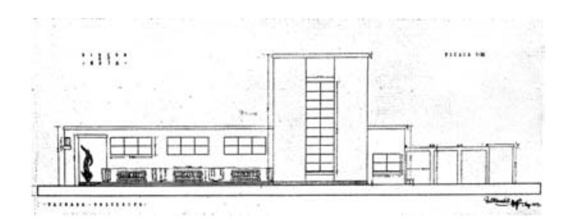


Figura 5
Alzado posterior de la propuesta del Rincón de Goya. Autor Fernando García Mercadal (Revista Arquitectura julio 1928)

bellón y se construye una logia con tres vanos que acaba en un pequeño pabellón auxiliar del mismo ancho y altura, 3,10 metros, que la logia.

A todos los frentes exteriores se accede por una pequeña elevación de tres peldaños.

Desde el volumen de la derecha se construye una logia de cuatro vanos en la dirección que marca el edificio, tres vanos y dos en esquina en dirección perpendicular con uno central doble que marca un eje, otros tres de nuevo paralelos al edificio incluyendo el de esquina y nueve vanos incluyendo el de esquina en dirección perpendicular con uno central doble que marca el eje de la parte del jardín con parterres donde se ubica el mausoleo cilíndrico de Goya que se trajo de Burdeos.

Este eje es el que marca la organización general de toda la actuación. Comenzando desde la logia, esta marca el eje con un vano con doble estructura en el centro alineado con el mausoleo cilíndrico de Goya en el centro de unos parterres, en una zona más baja, de planta cuadrada, similares a los parterres del monasterio del Escorial, una pequeña elevación con unos peldaños que nos permiten acceder a una plataforma rectangular donde se encuentra un estanque rectangular con dibujos de piedra y ladrillo a su alrededor y de la misma longitud en planta que los tres volúmenes del pabellón, aunque de menor anchura. Desde la plataforma rectangular del estanque por unos peldaños se accede a una plataforma en exedra final en el eje marcado. Todo esto se dispone en la estructura geométrica de formas cuadradas y rectangulares.

En continuidad con la logia construida con estructura de hormigón, Mercadal planta una doble línea de árboles que le permiten organizar todo el jardín según un trazado muy geométrico y posibilitar zonas de paseo muy diferentes colindantes y comunicadas unas con otras. También se pueden exponer obras de escultura de manera muy versátil.

Esta doble línea de árboles se convierte en hilera simple en los bordes.

El jardín de la trasera del pabellón, que nunca llegó a realizarse, se plantea de manera muy diferente, con una pradera y con muros y desniveles muy marcados en el extremo más al sur.

Las 3 salas representativas están unidas sin separación de carpintería entre ellas, aunque en los planos si figuraban. En la fachada principal únicamente se abre la puerta de acceso al pabellón.

Las ventanas están ubicadas en la fachada trasera y en las laterales. Los tamaños de las ventanas son diferentes según el volumen en las que estén situadas. La de la sala de acceso es vertical y de gran tamaño.

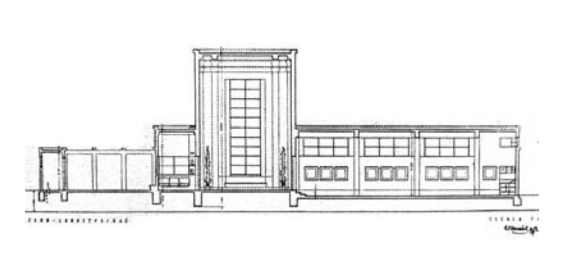


Figura 6
Sección longitudinal de la propuesta del Rincón de Goya. Autor Fernando García Mercadal (Revista Arquitectura julio 1928)

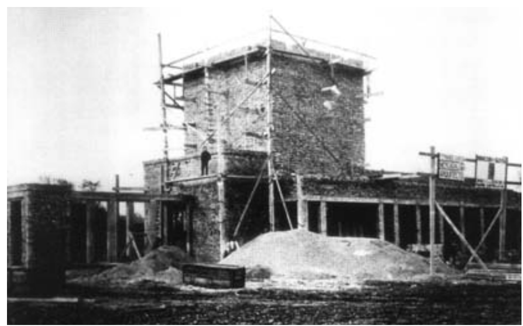


Figura 7
Construcción del Rincón de Goya. Fotografía del alzado principal en 1927 (Marcos y Buil 2009, 41)

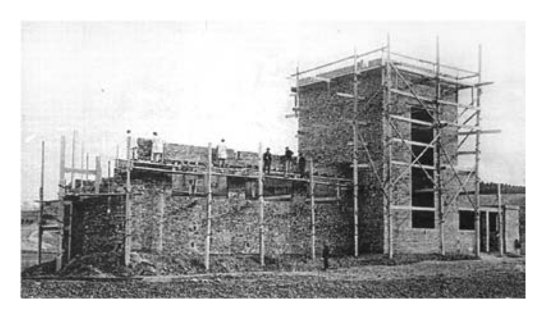
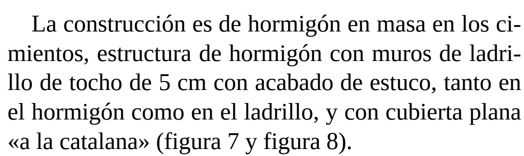


Figura 8
Construcción del Rincón de Goya. Fotografía del alzado posterior en 1927 publicada en el Heraldo de Aragón, monográfico Artes&Letras nº125 del 20 de octubre de 2005



La construcción es de hormigón en masa en los cimientos, estructura de hormigón con muros de ladrillo de tocho de 5 cm con acabado de estuco, tanto en el hormigón como en el ladrillo, y con cubierta plana «a la catalana» (figura 7 y figura 8).

El edificio está pintado según volúmenes con tintas planas de color diferente en cada caso. Según Carmen Rábanos Faci «En algunas zonas donde la actual capa de pintura se ha levantado se distingue el color ocre original» (Rábanos 1984, 105).

La carpintería es metálica y se fabricó en París (figura 9, figura 10, figura 11 y figura 12).

En 2003 el conjunto El Rincón de Goya es declarado Bien de Interés Cultural.

En la actualidad el edificio y el parque existen, con una aparente similitud en el caso del pabellón y

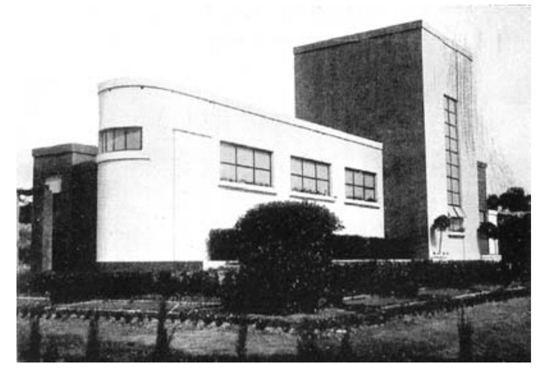


Figura 10
Vista posterior del Rincón de Goya (Revista Arquitectura julio 1928)

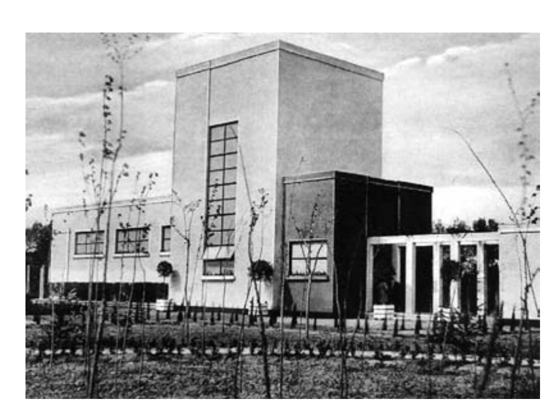


Figura 11
Vista posterior del Rincón de Goya (Granell, et al. 2008, 51)

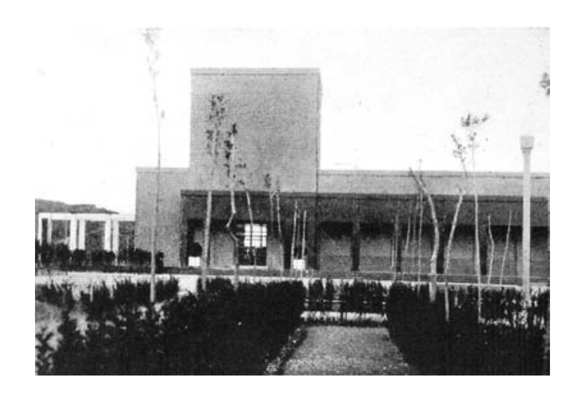


Figura 9
Vista frontal del Rincón de Goya (Revista Arquitectura julio 1928)

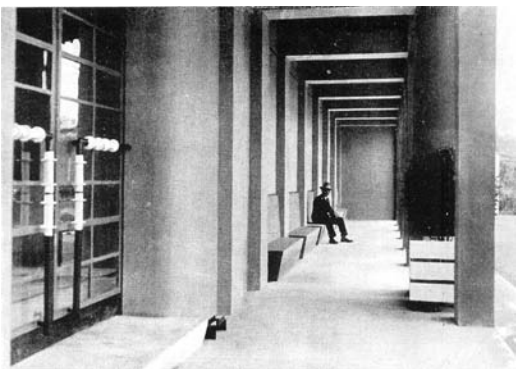


Figura 12
Fernando García Mercadal en la stoa del Rincón de Goya (Revista Arquitectura julio 1928)



Figura 13
Vista del parque con el pabellón del Rincón de Goya. Niños de comunión (Paricio y Magrazó 1985)

completamente modificado en todo lo demás incluyendo su uso y planteamiento (figura 13).

El edificio tiene mala acogida desde su inauguración (figura 14 y figura 15).

El diario ABC publica en su edición del martes 17 de abril de 1928 la conmemoración del Centenario de Goya que se ha realizado en Zaragoza el día anterior y que incluye la inauguración del Rincón de Goya, haciendo referencia a la asistencia, a la interpretación de la banda del Hospicio de obras de la época de Goya y de los discursos del gobernador y del alcalde que ofreció un «lunch» a los invitados en el salón del edificio. Del edificio únicamente dice «En el amplio jardín álzase el edificio, proyecto del arquitecto Sr. García Mercadal, y en el centro del jardín está emplazado el mausoleo de Goya, del que forma parte la tumba que estuvo en Burdeos. El Rincón de Goya se destinará a biblioteca».

El Heraldo de Aragón en la publicación de ese mismo día, dice «La pesadumbre y sequedad del edificio desentonará siempre dentro de aquel lindo jardín florido y cerca del mausoleo de Goya que tiene la gracia de un bibelot dieciochesco. Sólo cabe la posibilidad de que el jardín crezca y se ensanche; de que los árboles extiendan con los años la pompa magnífica de sus hojas y que entonces oculten en parte el edificio, lo sombreen, rompan sus líneas y dulcifiquen su perspectiva. Entonces, cuando se vea menos lo construido tal vez cambie el aspecto del conjunto con el misterio que siempre presta a las edificaciones la verdura que las envuelve».

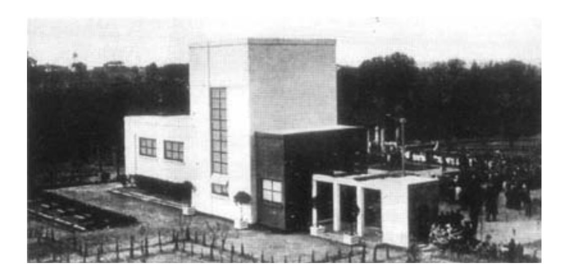


Figura 14
El Rincón de Goya el día de su inauguración el 16 de abril de 1928 (Marcos y Buil 2009, 41).



Figura 15
El Rincón de Goya el día de su inauguración el 16 de abril de 1928 (Laborda 2008, 34).

Reflexiones finales

La construcción de este edificio se realiza en el contexto de una industria nacional nada desarrollada en soluciones prefabricadas. Este hecho se irá modificando lentamente en los años posteriores.

La independencia entre estructura y apertura de huecos, y la posibilidad temprana de elementos industriales para carpintería interior y exterior, convierten a la solución del hueco, puerta y ventana, en el protagonista del proceso de racionalización y estandarización de elementos constructivos en los primeros ejemplos de arquitectura moderna.

En España, al igual que en el resto de Europa, existen diferentes sensibilidades para afrontar los nuevos retos de racionalización de los sistemas constructivos en la arquitectura moderna.

Partiendo de un deseo de racionalización y de un nuevo lenguaje arquitectónico, podemos diferenciar dos maneras de afrontar la cuestión.

De un lado, la búsqueda de la racionalidad partiendo del material tradicional, a través de la geometría, y del otro, la búsqueda a través de la utilización de materiales totalmente industriales.

En el edificio Rincón de Goya se busca la racionalidad partiendo del material tradicional, con utilización de estructura de hormigón e incorporando la carpintería, importada de París, como material industrial.

Se desarrolla una búsqueda de racionalización, en la que conviven materiales tradicionales y estandarizados.

Estos procesos de utilización de materiales totalmente industriales no se darán en España hasta los años 30, con la investigación en esos años de nuevos materiales en relación con la industria, para el desarrollo de una nueva arquitectura con nuevos programas.

LISTA DE REFERENCIAS

Dieguez, Sofía. 1997. *La generación del 25. Primera arquitectura moderna en Madrid*. Madrid: Cuadernos Arte Cátedra.

García Mercadal, F.; Zavala, J.; Stam, M.; Chareau, P.; Bourgeaus, V.; Haefeli, M.; Jeanneret, P.; Rietveld, G.; Steiger, R.; May, E.; Satoris, A.; Guevrekian, G.; Schmidt, H.; Häring, H.; Florentin; Le Corbusier; Artaria, P.; Mandrot, H.; Gubler, F.; Rochat; Lucart, A.; Maggioni, Hoste, H.; Giedion, S.; Moser, W.; Frank, J.; Weber, M. Y Tradevossian entre otros. 1928. *Manifiesto del CIAM.*

Granell, E; Pizza, A.; Rovira, J.M y Sanz Esquide, J.A. 2008. *A.C. La Revista del GATEPAC 1931-1937*. Editado por el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madrid, con motivo de la exposición del mismo nombre.

Flores, Carlos [1961] 1989. *Arquitectura Española Contemporánea, I 1880-1950*. Madrid: Aguilar.

García-Quiñones, Belen. 2005. *AC. Publicación del G.A.T.E.P.A.C.* Edición facsímil de los 25 números de la revista, publicados entre 1931 y 1937. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Laborda, José. 2008. *La vida pública de Fernando García Mercadal*. Zaragoza, Cuadernos de arquitectura de la cátedra Ricardo Magdalena, Institución Fernando el católico, CSIC.

Le Corbusier [1923] 1978. *Hacia una Arquitectura*. Barcelona: Poseidón.

Marco, Ricardo; Buil, Carlos. 2009. *Zaragoza 1908-2008. Arquitectura y urbanismo*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

Paricio, F.; Magrazó, Joaquin. 1985. *Fernando García Mercadal*. Zaragoza: Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón.

Pommer, Richard y Otto, Christian F. 1991. *Weissenhof 1927 and the Modern Movement in Architecture.* Chicago: University os Chicago Press

Rábanos, Carmen. 1984. *Vanguardia frente a tradición en la arquitectura aragonesa (1925-1939). El racionalismo*. Zaragoza: Guara editorial.

Revista Arquitectura. 1931-1936. Madrid: Sociedad Central de Arquitectos y Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Rodríguez García, Ana y Hernando de la Cuerda, Rafael. 2007. *La bóveda tabicada y el movimiento moderno español,* en vol.III del Libro de Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Burgos 7-9 de junio de 2007. Edición a cargo de M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno y S. Huerta. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rodríguez García, Ana y Hernando de la Cuerda, Rafael. 2009. *Racionalización de sistemas y materiales de construcción en el movimiento moderno español, 1927-1937,* en vol.II del Libro de Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Valencia 21-24 de octubre de 2009. Edición a cargo de S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragozá. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

La cantería renacentista de la Mixteca. Análisis estereotómico de tres bóvedas nervadas en Oaxaca, México

Benjamín Ibarra Sevilla

En México se generó una gran demanda de nuevos edificios religiosos durante el siglo XVI, el objetivo era crear santuarios y albergar a miles de indígenas que se convertían al cristianismo. Tres complejos monásticos de gran envergadura se construyeron entre 1535 y 1580 en la región llamada «la Mixteca»: Santo Domingo Yanhuitlán, San Juan Bautista Coixtlahuaca, y San Pedro y San Pablo Teposcolula. Los frailes dominicos encargaron estos ambiciosos proyectos a arquitectos y maestros constructores traidos de España. Los conjuntos monásticos fueron planeados de tal forma que se usara la tecnología más avanzada en su momento, creando edificios monumentales cubiertos con refinadas bóvedas nervadas.

Poco se ha escrito sobre las bóvedas mexicanas desde el punto de vista de su construcción. Quizás una de las razones se debe a que las bóvedas nervadas en México no son muy numerosas.[1] Los retos que presentaban este tipo de cubiertas, en relación a la tecnología y mano de obra disponibles, hicieron considerar las bóvedas como un lujo. Muchas veces se dejaron para un momento posterior, una vez que las necesidades básicas de los complejos religiosos fueran satisfechas y se pudieran celebrar las ceremonias dignamente. También hubo que esperar a que el nuevo orden social se estableciera y se pudieran poner en práctica los mecanismos que permitieran el reclutamiento de la mano de obra necesaria para tan ambiciosas empresas. Aun con todas las vicisitudes y limitaciones, la tradición de la cantería española encontró su camino hacia el nuevo continente en una época muy temprana de la colonia, materializándose en los magníficos edificios de Coixtlahuaca, Yanhuitlán y Teposcoulula.

El presente análisis tiene como objetivo mostrar, de manera general, las soluciones del trazo y construcción que se usaron en las bóvedas nervadas construidas en estos tres edificios de la Mixteca mexicana durante el siglo XVI. Dentro del análisis elaborado en esta investigación, el lector podrá encontrar las similitudes con las bóvedas españolas así como algunas peculiaridades que muestran estas bóvedas mixtecas, en especial la bóveda de la capilla abierta de Teposcolula, la cual se desplanta sobre una base hexagonal. Esta contribución pretende presentar estos edificios y sus bóvedas de manera que se entiendan como una extensión del apogeo constructivo español del siglo XVI, ampliando hacia el otro lado del océano atlántico el inventario de las iglesias y otros edificios religiosos de la época.

Los señoríos de Coixtlahuaca, Yanhuitlán y Teposcolula

Los Frailes de las órdenes mendicantes que llegaron a América de España se dieron a la tarea de orquestar la conversión de los habitantes a las creencias religiosas católicas usando algunas de las estrategias de evangelización previamente establecidas durante el periodo de la reconquista. Los frailes dominicos llegaron a territorio Mexica hacia 1526, para 1534 se

expandieron hacia el sur de México y para entonces había frailes repartidos en los principales pueblos de la región Mixteca y Zapoteca (ahora estado de Oaxaca). Los monjes, como estrategia, desarrollaron dos tipos de conjuntos monásticos, los monasterios urbanos y las vicarías de indios (Medina, 1992). Los monasterios fueron grandes centros de estudios religiosos donde también se evangelizaron indígenas que convivían en las villas españolas que se estaban desarrollando. Por otro lado, las vicarías fueron centros de evangelización rural que cubrían una zona indígena, delimitada generalmente por cacicazgos establecidos durante el periodo postclásico mesoamericano.

Los pueblos de Coixtlahuaca, Teposcolula y Yanhuitlán constituían la cabeza de tres señoríos importantes de la Mixteca antes de la incursión española (figura 1). Cada uno de estos señoríos estaba regido por su propio cacicazgo, el señorío se componía de más de un asentamiento y su territorio estaba claramente delimitado. Los colonizadores tomaron ventaja de esta organización social para organizar a los indígenas y refundar los pueblos de acuerdo al las costumbres de Europa. Coixtlahuaca y Teposcolula eran poblaciones fundamentalmente comerciales, grupos de indígenas se congregaban en ambos lugares para intercambiar productos. Los dominicos decidieron entonces que estas dos comunidades serían vicarias. Por otro lado, Yanhuitlán era un centro religioso mixteco, por lo que se convirtió en un convento con énfasis en los frailes y en los estudios. El tamaño de estos tres edificios sugiere que su construcción debió constituir un enorme esfuerzo, físico y económico, para cada una de estas comunidades mixtecas.[2]

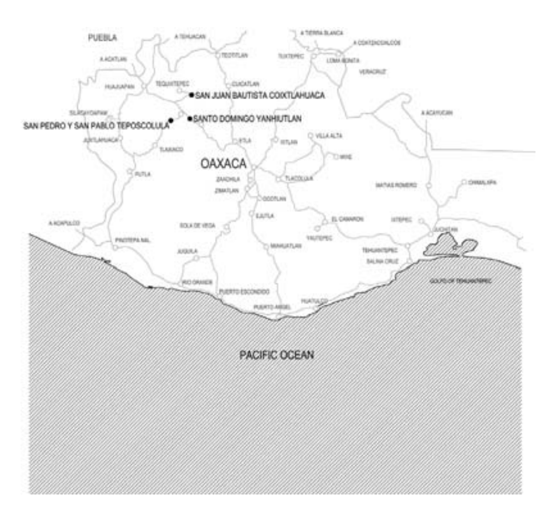


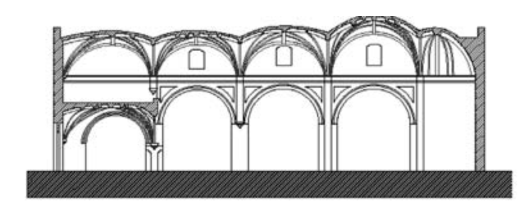
Figura 1
Mapa de localización de los conjuntos conventuales en la Mixteca Oaxaqueña

Características arquitectónicas de los edificios

Antes de abordar las bóvedas es necesario definir las características de los edificios en que se contienen. Es importante recordar que los conjuntos monásticos del siglo XVI que se crearon en México tenían como objetivo principal convertir a miles de indígenas al cristianismo y como parte de las estrategias de evangelización los frailes usaron distintos tipos de edificios y distintos elementos arquitectónicos. También hay que recordar que las ciudades se fundaron junto con los conjuntos monásticos. Su localización fue planeada de acuerdo a las condiciones topográficas del lugar, es decir, no había una trama urbana a la que estos conjuntos debieran adaptarse.

Algunos de los edificios que se construyeron fueron similares a los europeos y otros surgieron como consecuencia de la mezcla de las dos culturas. Los diferentes tipos de edificios se erigieron de acuerdo a las necesidades de la comunidad, a la situación geográfica e inclusive cambiaron según la orden mendicante a cargo de la fundación. En un contexto de experimentación arquitectónica las iglesias de una sola nave y de tres naves fueron sustancialmente diferentes a las españolas. Las capillas abiertas y los atrios se crearon sin tener precedente en Europa (Kubler 1983), la combinación capilla abierta - atrio se creó de forma en que el sacerdote celebrara la ceremonia católica debajo de un sitio techado mientras un gran número de indígenas presenciaba el acto a cielo abierto (Mc Andrew 1969).

En general, los tres conjuntos monásticos siguen los modelos europeos de la vida monástica con claustros de techos abovedados y las áreas de recorrido para la vida interior (Baird 1962). Los tres conjuntos comparten algunas de sus características: los monasterios, iglesias y capillas se encuentran emplazados sobre grandes plataformas que forman atrios, el templo ocupa la parte norte del conjunto y el monasterio se adosa al sur; como es común la fachada



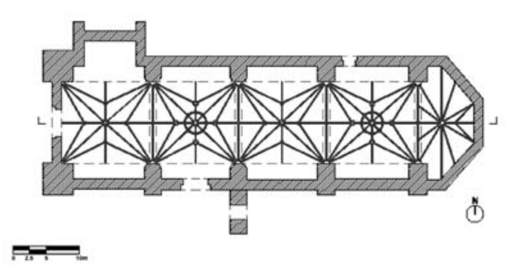


Figura 2
Planta arquitectónica y seccion longitudinal de la iglesia de Coixtlahuaca

principal en todos los conjuntos mira hacia el poniente.

Las plantas arquitectónicas de los tres conjuntos dibujan una sola nave y sus cubiertas se realizaron con bóvedas «modernas» (Palacios 2009), es decir, bóvedas nervadas renacentistas. Cada una de las bóvedas se desplanta sobre una planta cuadrada, lo que implica que las naves se dividen en partes iguales proporcionando el largo con el ancho en una relación de cuatro bóvedas de largo más el ábside. En Yanhuitlán todas las bóvedas tienen la misma altura mientras que en Coixtlahuaca la bóveda que precede el ábside es más alta que las otras tres. La única diferencia sustancial entre estos dos edificios es que la iglesia en Coixtlahuaca presenta contrafuertes hacia el interior formando una serie de arcos en los muros laterales que usan para alojar retablos (figura 2), mientras que en Yanhuitlán los muros interiores son totalmente planos, llevando los contrafuertes al exterior (figura 3). La luz (de muro a muro) que cubren las bóvedas en Coixtlahuaca es de 12.5 metros y en Yanhuitlán es de 14 metros. La Capilla Abierta de San Pedro y San Pablo Teposcolula (figura 4) es un edificio único en su tipo.[3] Podría decirse que este edificio es también de una sola nave, sin embargo esta nave se abre por su lado largo que mira al poniente, como un gran escenario que se contempla desde la distancia. Siguiendo un esquema simétrico, la capilla aloja al centro una bóveda nervada de 12 metros de luz (arco diagonal) que se desplanta sobre una base hexagonal soportada por columnas. Los espacios a cada lado de la bóveda (norte y sur) se cubren con un sistema a base de vigas de madera. Una característica muy peculiar de este edificio es que gran parte de los elementos portantes son columnas, generando una planta muy abierta. El muro posterior y los testeros refuerzan la estructura, formando un rectángulo que sirvió como telón de fondo para las actividades que se desarrollaban en la capilla.[4]

El material que se usó para estos edificios fue fundamentalmente la cantera. Los constructores usaron la mejor piedra posible obtenida de las minas más próximas a la población. En general, la fábrica de los muros se conforma por sillares labrados finamente (a veces en sus seis caras del prisma) mientras que el corazón está hecho con pedacería de la misma piedra que se mezcla con un agregado hecho a base de cal y arena. Su espesor varía entre 1.5 y 2.5 metros según su ubicación en el conjunto. Aun cuando quedan pocos restos de los aplanados originales, queda claro que los sillares fueron labrados para ser cubiertos con un enlucido de cal muy fino.

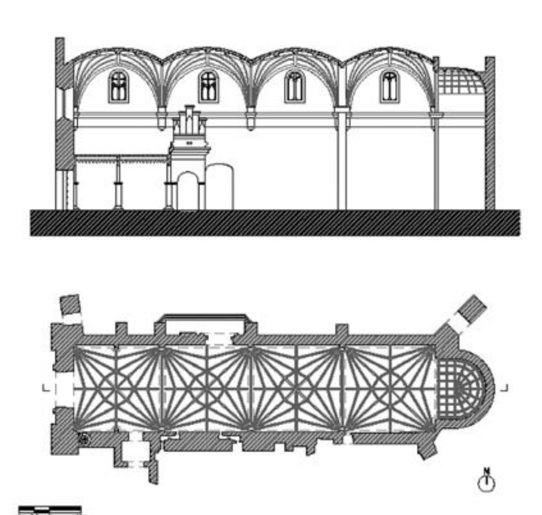
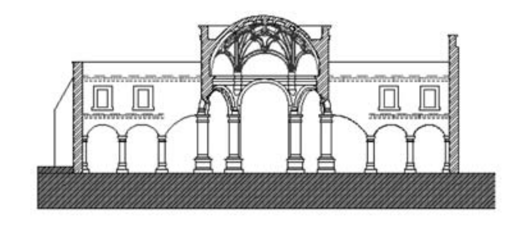


Figura 3
Planta arquitectónica y seccion longitudinal de la iglesia de Yanhutlán



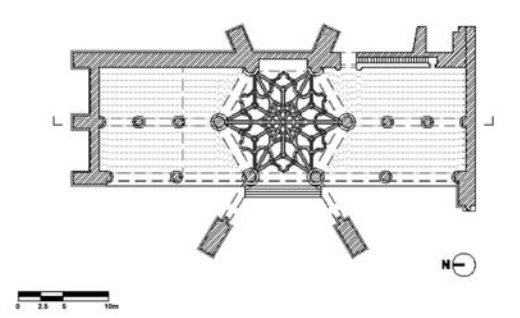


Figura 4
Planta arquitectónica y seccion longitudinal de la capilla abierta de Teposcolula

METODOLOGÍA DE DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS

Para este estudio se selecciono una bóveda de la iglesia de Yanhuitlán, una de la iglesia de Coixtlahuaca y para Teposcolula, la única existente. Para elegir las bóvedas a estudiar en las iglesias de Yanhuitán y Coixtlahuaca se usaron tres criterios:

1. Acceso visual a la bóveda, tratando de evitar las «sombras»
2. Características de la bóveda que incluyeran los elementos necesarios que permitieran el análisis como bóveda «tipo»
3. Aportación los elementos necesarios para evaluar características constructivas.

Para la documentación de los edificios y sus bóvedas se usó un escaneo láser. Las nubes de puntos obtenidas por el escaneo se procesaron para obtener los datos que fueran útiles para el análisis. Como punto de partida del análisis, se «limpió» la nube de puntos para visualizar las bóvedas individualmente y se generaron varios tipos de archivos. Posteriormente se procedió a transformar las nubes de puntos para ser leídas en Rhinoceros ya que este tipo de software es muy adecuado para generar modelos digitales. Para leer las nubes de puntos en el ambiente de Rhino se uso un «plug-in» llamado «pointools for Rhino», este tipo de software permitió manipular las nubes de puntos haciendo secciones a través de las bóvedas y las nervaduras. Trabajar simultáneamente la nube de puntos y la las nervaduras modeladas en Rhino dió la oportunidad de comprobar la forma de las nervaduras modeladas y sus piezas con la geometría obtenida por la nube de puntos. Las secciones en la nube de puntos permitieron también definir la moldura de las nervaduras y las dimensiones de las claves y otros encuentros de los arcos. Los detalles en las similitudes y diferencias que se notaron después de realizar este estudio serán mencionados más adelante.

El método de trazado de bóvedas ilustrado por los tratados antiguos resulta muy útil para hallar la geometría que genera la forma y dimensiones de las bóvedas que se construyeron durante el siglo XVI en España. Usando como guía estos procedimientos de trazo antiguos se analizaron las bóvedas de la Mixteca. Como inicio se tomó la nube de puntos y se realizaron los trazos que pretenden recrear el proceso de diseño que debieron haber seguido los maestros constructores de estas bóvedas mexicanas. Las nubes de puntos se visualizaron tomando la proyección horizontal, sobre estas imágenes se tomaron los ejes de las nervaduras y se logró obtener los datos necesarios para determinar las líneas rectoras que definen la geometría en planta. Los trazos se realizaron en el intradós pues se notó que los enjarjes están consistentemente circunscritos en un círculo.[5] Posteriormente se hicieron múltiples secciones sobre las nubes de puntos (una por cada arco) para encontrar la geometría de las nervaduras. Por otro lado la nube de puntos arrojó datos sobre los arcos en alzado. Cada uno de los arcos (diagonales, terceletes, perpiaños y formeros) se analizó individualmente haciendo una sección sobre un plano paralelo al arco a analizar, de esta forma se encontró la geometría de cada una de las bóvedas y sus particularidades.

GEOMETRÍA DE LAS BÓVEDAS

Los orígenes de las bóvedas nervadas y la manera en que se realizaban los trazos para su diseño y cons-

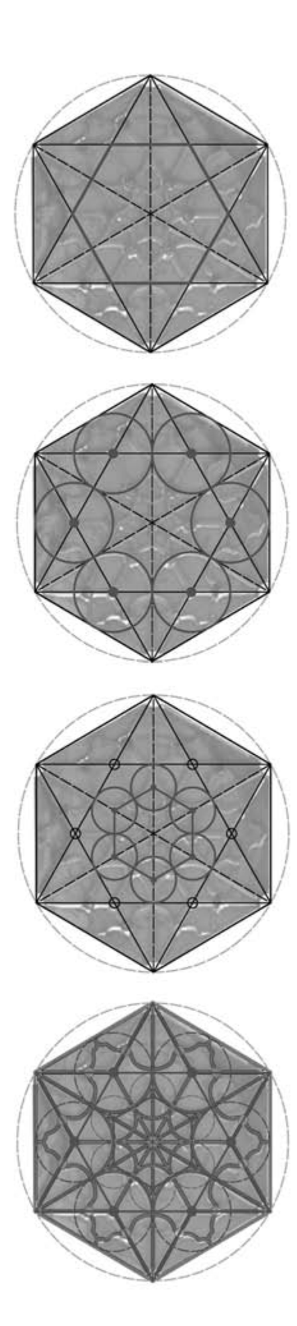


Figura 5
Trazos de la bóveda de Coixtlahuaca en planta usando la nube de puntos como base

trucción durante el siglo XVI se han estudiado anteriormente. Los manuscritos españoles del siglo XVI como el de Alonso de Vandelvira (1580) y Hernán Ruiz (1560) nos muestran los procedimientos que se realizaban para definir la geometría de las nervaduras de las bóvedas. José Carlos Palacios (2003) y Enrique Rabasa (2000) han demostrado en sus rigurosos análisis cómo los dibujos de estos manuscritos trazan primero una serie de líneas que definen la bóveda en planta y después se dibujan cada uno de las nervaduras como arcos independientes sobre un mismo plano. Estos simples dibujos a base de líneas arrojaban los datos suficientes para iniciar la construcción de la bóveda, después vendría la definición de las piezas y su estereotomía, lo que requería de un proceso más complejo.

Las soluciones de trazo para Coixtlahuaca y Yanhuitlán se basan en el cuadrado, mientras que la de Teposcolula se basa en el hexágono. Aun cuando cada bóveda es distinta, se puede decir que en general hay una lógica en la secuencia de líneas que definen las nervaduras en su proyección en planta. Como es común en este tipo de bóvedas, los arcos diagonales se trazan dibujando una línea que va entre los vértices opuestos de los polígonos y los rampantes son perpendiculares a los formeros y perpiaños, es decir, perpendiculares a los lados del polígono. Las peculiaridades del trazo para cada bóveda se hacen ver fundamentalmente en los pasos para delinear los arcos terceletes y los combados. Ahora se verá con más detalle cual es esta secuencia de trazo en cada una de las bóvedas.

Comenzando por Coixtlahuaca (figura 5) se puede observar que los terceletes se trazan tirando una línea que va de los vértices del cuadrado al punto medio su lado opuesto. El punto de intersección de los terceletes con el arco rampante se toma como vértice de un nuevo triángulo cuya base está formado por el lado del cuadrado de origen, los lados de este triángulo que van hacia los vértices del cuadrado sirven como limites del anillo que se forma al centro, es decir, este círculo que forma el anillo es tangente a los lados de este último triángulo.

Ahora vallamos a la bóveda de Yanhuitlán (figura 6). Como se puede observar en la figura 4, esta bóveda también se emplaza sobre una planta cuadrada y tiene dos terceletes en cada paño. Se comenzara con los terceletes más cercanos a los arcos diagonales (terceletes altos), para trazar estos terceletes se dibu-

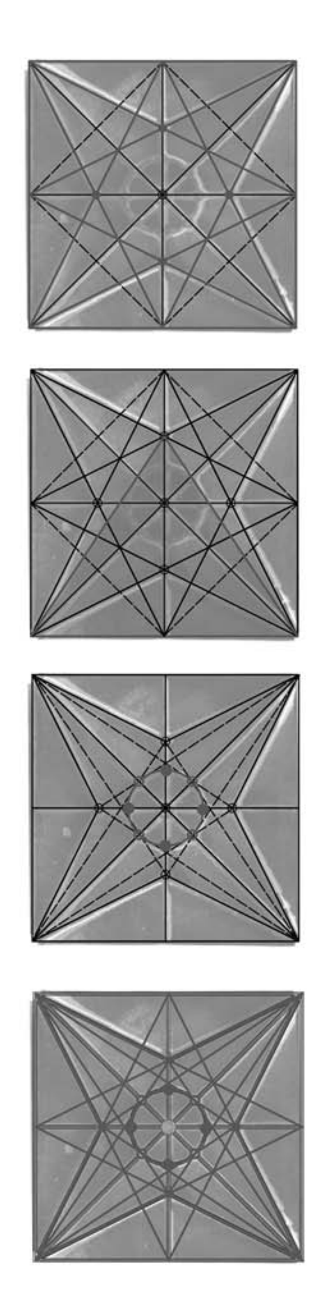


Figura 6
Trazos de las bóvedas de Yanhuitlán en planta usando la nube de puntos como base

ja un triángulo equilátero en la planta cuyos lados sean iguales a los del cuadrado que forma la base de la bóveda. Posteriormente, de este triángulo se toma el vértice que intersecta con el arco rampante, este punto define la posición de la clave que une el rampante con los terceletes bajos. Esta bóveda no tiene nervios combados, simplemente se continua el tercelete alto hasta que se encuentra con el diagonal, haciendo esto con cada tercelete se forma un anillo con segmentos rectos alrededor de la clave.

En el caso de la bóveda de Teposcolula (figura 7) los trazos siguen las propiedades del hexágono. Habiendo seis vértices se encuentran tres arcos diagonales, tres rampantes y seis juegos de terceletes que se dibujan tirando líneas entre los vértices del hexágono (formando la estrella de David). Esta bóveda tiene un juego muy elaborado de nervios combados cuyo proceso de trazo es más elaborado, algunos combados se obtienen fácilmente desde el trazo en planta y otros desde la proyección vertical por puntos al intradós de la bóveda. Los combados que se obtienen del trazo en planta son dos, los que ligan los diagonales cruzando el rampante y más cerca de la clave los que ligan los rampantes cruzando los diagonales. Para los primeros se traza un círculo tangente a línea de los diagonales y que toma como centro el punto donde se encuentran los terceletes. Para los segundos se usa un método similar al anterior; el círculo que los define se encuentra al dibujar dos triángulos cuyos vértices coinciden con el punto donde se encuentran los terceletes, estos dos triángulos forman un hexágono más pequeño al interior, los vértices de este hexágono más chico se usan como centros para trazar los círculos que a su vez son tangentes a las líneas que definen los rampantes. Los trazos de los combados que no se definen en planta serán brevemente explicados posteriormente cuando se analicen los arcos de la bóveda en sección.

Para analizar los arcos comencemos por Coixtlahuaca (figura 8), se puede notar primero que los arcos son escarzanos, sus centros están localizados aproximadamente a 1.5m debajo del nivel de imposta.[6] Tomando esto como punto de partida se procedió a dibujar los círculos que corresponden en sección a cada uno de los arcos y se pudo encontrar que cada uno fue trazado individualmente. Como se pudo observar en la planta, esta bóveda tiene un anillo que rodea la clave, al ver este anillo en sección se puede observar que los segmentos entre el anillo y la clave

de los cruceros y rampantes describen una línea horizontal. Esto quiere decir que para los cruceros tenemos un cuarto de circulo que va desde el enjarje a la intersección de arco con el anillo y cuyo radio es de 7 metros. Se uso el mismo procedimiento para los arcos terceletes, trazando un cuarto de circunferencia de 6.75m desde el enjarje hasta el punto donde se encuentra con el otro tercelete y el rampante. Los arcos perpiaños y los formeros son la mitad de un circulo cuyo diámetro va de enjarje a enjarje (12.5m) y los

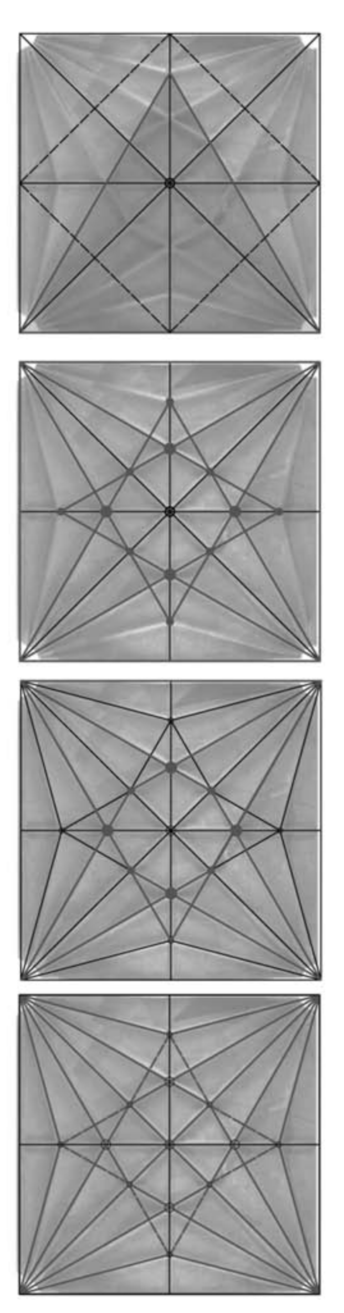


Figura 7
Trazos de las bóveda de Teposcolula en planta usando la nube de puntos como base

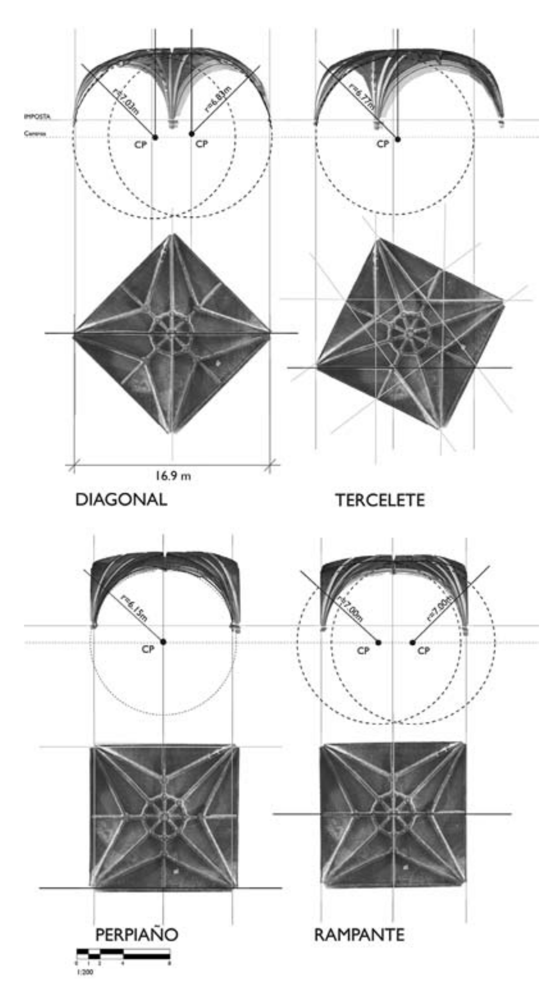


Figura 8
Secciones de una de las bóveda de la iglesia de Coixtlahuaca usando la nube de puntos. Los centros de los arcos se ubican a 1.5m debajo del nivel de imposta

rampantes simplemente unen los puntos obtenidos por los trazos elaborados anteriormente.

Para el trazo de los arcos de la bóveda de Yanhuitlán se puede observar una estrategia diferente (figura 9). La geometría de los arcos diagonales y terceletes responden a la geometría de la esfera mientras que los arcos formeros y perpiaños son de la «buelta de la diagonal» (Palacios 2009) abatiendo el tercelete bajo. De esta forma, los cruceros de 9.5 metros de radio dan dimensión a la esfera y los terceletes (9.14m de radio para los altos y 8m para los bajos) se trazan en base a la circunferencia que se genera seccionando la esfera verticalmente en los planos donde se desarrollan los arcos. Como consecuencia de la solución en «buelta de la diagonal» los arcos perpiaños y formeros son apuntados y el rampante simplemente une los puntos donde se fueron encontrando los arcos al intradós de la bóveda.

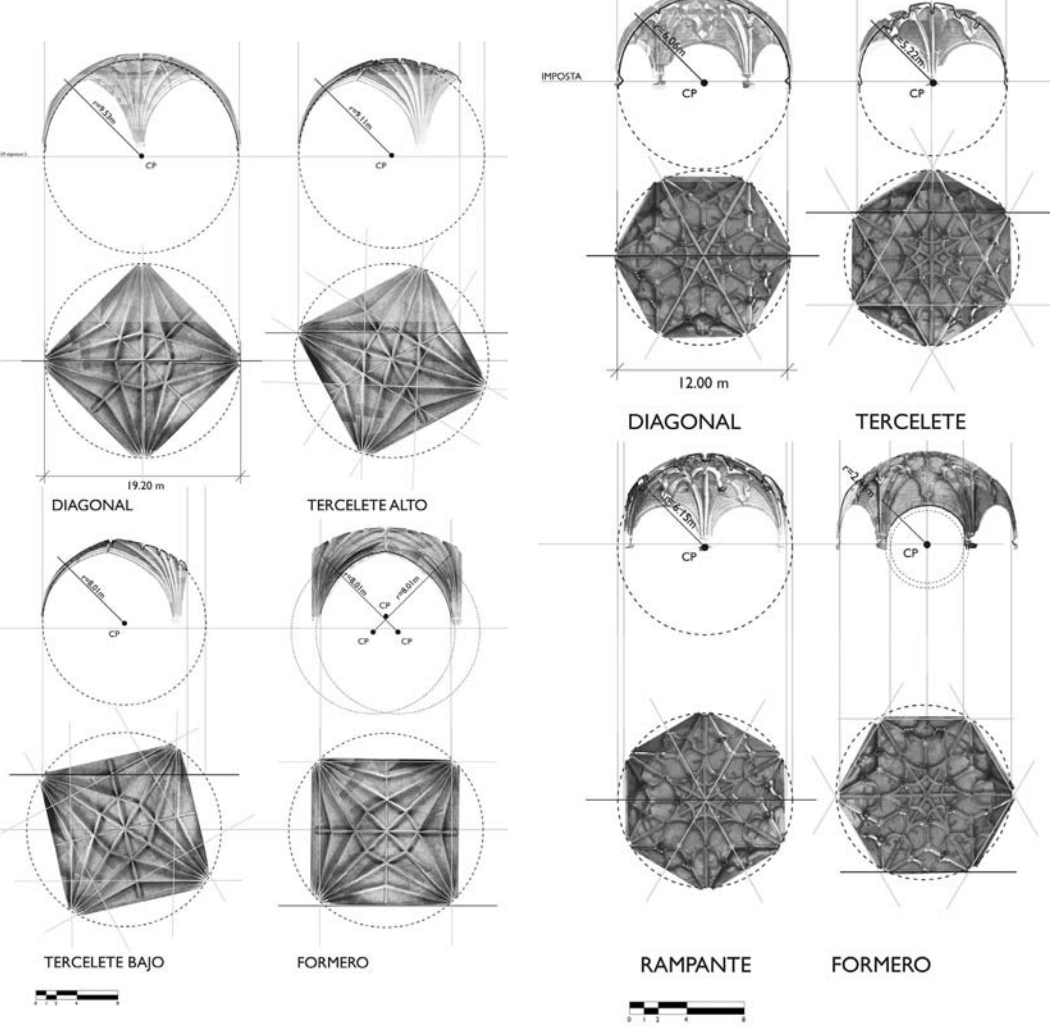


Figura 9
Secciones de una de las bóvedas de la iglesia de Yanhuitlán usando la nube de puntos. Nótese que el radio del arco tercelete bajo y el formero son iguales

Figura 10
Secciones de la bóveda de la capilla de Teposcolula usando la nube de puntos. La bóveda tiene una volumetría cupular

La planta hexagonal de la bóveda de Teposcolula genera una cúpula (figura 10). Los arcos diagonales son de medio punto con un radio de 6 metros y definen el radio de la esfera donde se van a desarrollar los arcos, igualmente los rampantes (6m de radio como los diagonales) y los arcos terceletes de 5.20 m de radio son resultado de la sección vertical de la esfera sobre el plano donde se desarrollan. Como se ha notado anteriormente los nervios combados que ligan las claves de los terceletes con los cruceros y los que ligan las mismas claves con la clave del formero encuentran su solución en el alzado. Estos nervios son relativamente más complejos, su definición con detalle excede los alcances del presente texto. Sin embargo se puede mencionar de manera general que para trazarlos se requiere de encontrar los dos puntos donde parten (clave del tercelete) y el punto donde cruzan con los arcos (cruceros o formeros) estos tres puntos definen planos inclinados sobre los que se pueden trazar segmentos de circunferencia. Estos arcos que se desarrollan sobre los planos inclinados dan forma a los combados. También es necesario mencionar que se encontró que la sección de estos combados es de molde revirado sin que lleguen ser completamente verticales ni tampoco perpendiculares al plano donde se desarrollan.

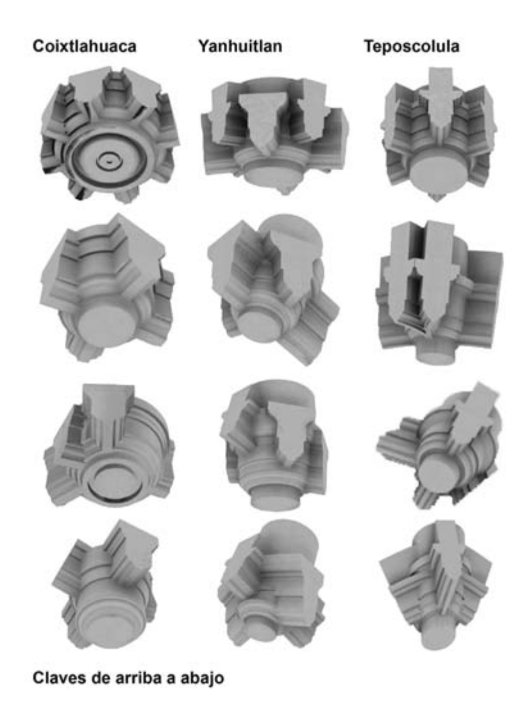


Figura 11
Modelado digital de las piezas de las bóvedas de Coixtlahuaca, Yanhuitlán y Teposcolula

Claves, nervaduras y plementería

Como se sabe, la tradición gótica labraba las claves verticales, mientras que en el renacimiento las claves se tallan verticales o apuntando hacia el centro del arco en el que se encuentra. Una constante entre las bóvedas analizadas es que existe una clave para cada una de las articulaciones donde se encuentran las nervaduras. Claves en la intersección del rampante y formero solo existen en Coixtlahuaca. Intersección sin clave aparece en Teposcolula en el encuentro entre los combados y el crucero. Las secciones en las nubes de puntos y el modelado que se realizó sobre ellas arrojo la solución estereotómica de las claves. Se pudo comprobar que en estas bóvedas la dirección (vertical o hacia el centro del arco) varía arbitrariamente entre pieza y pieza, según la bóveda y según el tipo de intersección (figura 11). Los datos arrojados reflejaron lo siguiente:

- Las claves en Coixtalhuaca son fundamentalmente verticales debido a su posición en la bóveda (muy cerca del zenit) y al tipo de intersección que se genera entre las nervaduras.
- Las claves en Yanhuitlán varían, la intersección entre el tercelete bajo y el rampante y la intersección entre el diagonal y la extensión del tercelete alto es por medio de una clave cuyo eje se dirige hacia el centro de la bóveda mientras que el resto de las claves son verticales.
- Las claves en Teposcolula también varían: las calves que se encuentran en la intersección de los combados con los terceletes apuntan hacia el centro del arco tercelete mientras que el resto de las claves son verticales, las claves en las intersecciones entre los combados y los diagonales están tan cerca del zenit que no habría mucha diferencia entre una vertical y la clave apuntando al centro del arco diagonal.

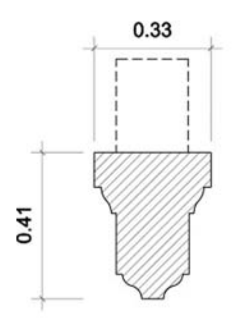
La sección de las nervaduras en las tres bóvedas es relativamente semejante (figura 12). Las secciones tienen entre 30 y 45cm de peralte sin contar la cola.

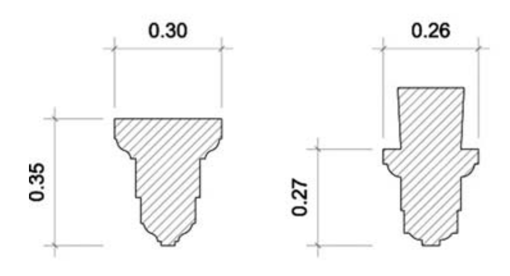
Generalmente se distingue entre la nervadura diagonal o rampante y la nervadura de los terceletes por su sección, siendo las primeras más peraltadas que las segundas.

En Coixtlahuaca la plementería muestra un aparejo a la inglesa, es decir, piezas dispuestas de forma en que las hiladas viajan perpendiculares a la bisectriz entre las dos nervaduras que las soportan (figura



Figura 13
Vista de la bóveda en la iglesia de Coixtlahuaca





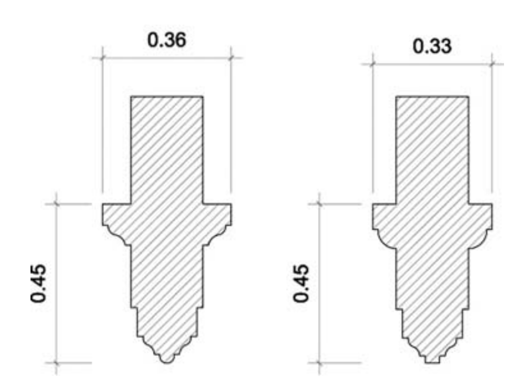


Figura 12
Secciones de los arcos que forman las bóvedas, arriba Coixtlahuaca, Yanhuitlán al centro y Teposcolula debajo

13). En Yanhuitlán la disposición de estas piedras es a la francesa, tratadas como si fuera una bóveda de arista, misma que se logro fácilmente por la presencia del doble tercelete (figura 14). Por último, la plementería de Tesposcolula es de vuelta de horno, seguramente como consecuencia de su condición cupular (figura 15). La plementería de las tres bóvedas está hecha con sillares de piedra de pequeñas dimensiones, intervenciones en Yanhuitlan mostraron un espesor de aproximadamente 25cm y en Tepsocolula de 30cm. Para Coixtlahuaca no se tiene el dato del espesor de los plementos.

Las bóvedas Mixtecas y la cantería española del siglo XVI

Aun cuando los edificios están muy cerca (un radio de 30km aprox.) resulta difícil enmarcar las tres bóvedas analizadas en este estudio como parte de una sola corriente o familia. Como se ha podido observar, cada una de las bóvedas es distinta, los trazos, geometría y volumetría de cada una de ellas muestran diferencias sustanciales.

Como se pudo notar la bóveda de Coixtlahuaca es muy simple, cada uno de sus arcos se trazó indivi-



Figura 14
Vista de la bóveda en la iglesia de Yanhuitlán

dualmente tomando como consideración su cenit plano (figura 13). Los arcos se trazaron por debajo de las impostas para decrecer la altura de la bóveda pensando en que la bóveda del altar sería más alta. El anillo al centro recuerda a la bóveda propuesta por Vandelvira (1580) en su manuscrito, aunque el manuscrito es posterior a la concepción de la bóveda. Algunas de las bóvedas de Rodrigo Gil pueden compararse con esta bóveda también, especialmente por el anillo central; tal sería el caso de las bóvedas de la nave de la catedral de Salamanca o las diseñadas por Juan de Avala para el claustro del monasterio de San Esteban de la misma ciudad (Palacios 2009).

La bóveda de Yanhuitlán podría considerarse de rampante llano que hereda su forma de la escuela *toledana* debido a sus nervaduras y ligaduras rectas (figura 14). Como se distinguió es una bóveda de doble tercelete en una planta cuadrada, lo que resulta curioso pues la mayoría de las bóvedas de doble tercelete en España son de planta rectangular y el doble tercelete se usa con el fin de dividir el paño más largo de plementería. Como se pudo ver anteriormente, la bóveda de Yanhuitlán tiene los perpiaños y formeros apuntados a la «buelta de la diagonal» usando el mismo radio que el tercelete bajo, esta solución es muy parecida a la que sugiere Hernan Ruiz (1560) en su dibujo (Rabasa, 1996), sin embargo los demás arcos responden a la geometría de la esfera. Sin tomar mucho en cuenta el trazo de arcos sino el diseño de las nervaduras se puede decir que una de sus precedentes podría ser la bóveda san Juan de los reyes en Toledo 158 con doble tercelete y la continuación del tercelete alto hasta el diagonal, o la bóveda de Santa Cruz de Segovia con planta cuadrada, doble tercelete y ligaduras rectas (Palacios 2009).

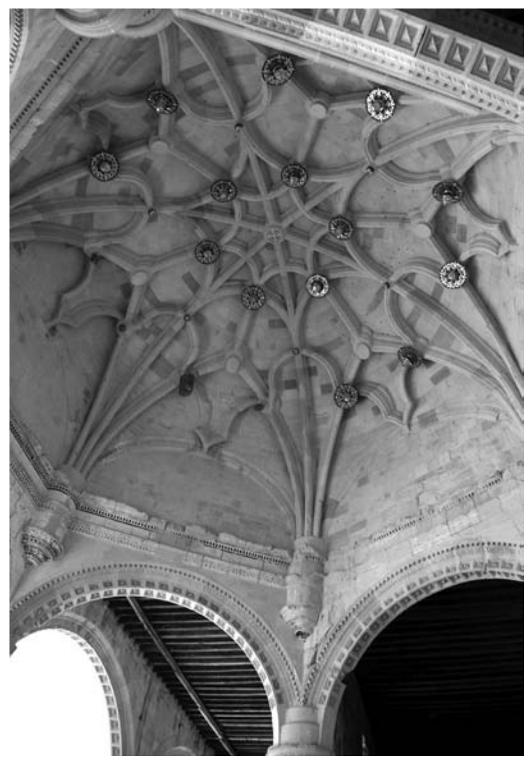


Figura 15
Vista de la bóveda en la capilla de Teposcolula

En este mismo tenor, se puede contextualizar la bóveda de Teposcolula como una bóveda andaluza (figura 15). Esta bóveda fue concebida como una cúpula o como una baída de seis tímpanos y resulta difícil pensar que fue pensada como una bóveda de rampante curvo. La bóveda tiene una exuberante juego de nervios combados con cuadrifolios de conopeos que la vuelven muy semejante a la de la capilla del Santo Cristo de las Batallas de la Catedral de Salamanca. Ambas bóvedas son contemporáneas, son esféricas, su mayor diferencia está en el número de lados que tiene el polígono sobre el que se desplantan. La planta hexagonal de la bóveda de Teposcolula la vuelve única en su tipo.

Con respecto a la sección de las nervaduras y arcos, las tres bóvedas siguen en general las recomen-

daciones de Rodrigo Gil de Hontañón dando diferente peralte a las nervaduras y mayor espesor a los perpiaños.[7] Coixtlahuaca se desprende un poco y sigue los preceptos de Juan de Ávala (Palacios, 2009) usando la misma sección en todos los nervios aunque el perpiaño es más grueso. En cuanto al trazo de los arcos cada una de las bóvedas varia, mientras Teposcolula tiene todos los centros en la línea de las impostas, Coixtlahuaca los mueve hacia abajo y Yanhuitlán solo usa este artificio para los perpiaños.

Conclusiones

Como una primera impresión de los trazos, geometría y soluciones constructivas de estas bóvedas mexicanas, este estudio ha expuesto que son una extensión del auge constructivo que se dio en España durante el siglo XVI y se suman al repertorio de formas del llamado tardo-gótico. El trazo y ejecución de estos edificios Mixtecos están claramente vinculados al arte hispano de construir en piedra. La transferencia de esta tecnología debió de suponer una serie de métodos de enseñanza bilingües basados en una geometría práctica. No hay noticia de que estos métodos se hayan plasmado en documentos, sin embargo es claro que fueron muy efectivos pues en muy pocos años se pudo conseguir un nivel de ejecución de alta escuela.

En este contexto de los cánones hispanos de construcción y el rigor con el que se aplicaban se pudieron encontrar algunas particularidades especiales de las bóvedas mexicanas:

1. Estas iglesias de una sola nave fueron diseñadas para ser cubiertas con bóvedas de planta cuadrada. Aun cuando hay pocas probabilidades de que los manuscritos españoles que presentan bóvedas cuadradas hayan influenciado a los maestros que construyeron en México, resulta de especial interés ver que los principios fueron diseminados ampliamente. Parece ser que la simplicidad del cuadrado y sus implicaciones constructivas animaron a los diseñadores a usarlo como módulo dando así carácter a estos edificios y bóvedas de la Mixteca.[8]
2. Los manuscritos españoles de la segunda mitad del XVI muestran la importancia del arco rampante para dar forma a la bóveda (Palacios 2009). Los datos que arrojo este proyecto no encontraron al rampante especialmente importante en el trazo de los arcos que forman las bóvedas, siendo los arcos diagonales los que definen su volumetría.
3. Otra particularidad de las bóvedas mexicanas se encuentra en el trazo de los terceletes, se ha hablado que en las bóvedas españolas estos arcos se trazan de tres formas, en general usando un círculo que toca los vértices de las bóvedas en planta siempre encontrando un punto fuera de la bóveda.[9] Como se pudo demostrar en este estudio, en las bóvedas mixtecas los arcos terceletes en planta se trazaron usando los lados del cuadrado y vértices del hexágono y por ende los puntos que dan dirección a los terceletes siempre se encuentran dentro del polígono que define la bóveda en planta.

Independientemente de las aparentes similitudes entre los tres edificios mixtecos, este estudio arrojo datos que muestran diferencias sustanciales entre las tres bóvedas. Hasta le fecha no se ha podido documentar quien fue el artífice o los artífices de estos edificios mixtecos[10] y aun cuando este estudio no resuelve el misterio de la autoría de las bóvedas, demuestra que fueron concebidas por «profesionales» y no por aficionados. También demuestra que cada bóveda sigue tendencias de diseño distintas, tal vez cada bóveda tuvo su propio arquitecto y no uno solo, como se ha dado por hecho en estudios anteriores.

Finalmente, se puede afirmar que estos monumentos son testimonio del momento de contacto entre las dos culturas. Son también el resultado de la asimilación de procedimientos constructivos complejos en el territorio mexicano, particularmente en la región de la Mixteca. No está por demás recordar que la construcción de bóvedas era muy laboriosa y las nervadas en particular requerían de una mano de obra especializada. Estas bóvedas dejan ver que la práctica de la cantería en México se ejecutó con el mismo rigor que con el que se ejecutaban en los edificios de la península Ibérica y vale la pena remarcar que solo llevo un periodo corto de tiempo para que este conjunto de técnicas se ejecutarla con refinamiento por los Mixtecos, esto debió suponer una población abundante, sofisticada, y ampliamente capaz de llevar a cabo obras de gran envergadura.

NOTAS

1. George Kubler (1983, 268) menciona que en su investigación solo pudo encontrar 15 templos en México construidos con bóvedas nervadas. También menciona que otros templos que en documentos históricos se describen con bóvedas de lacería no mostraron cubiertas de este tipo al momento de su investigación, Kubler sugiere que estos edificios sufrieron transformaciones debido a reparaciones y derrumbes originados por movimientos sísmicos.
2. George Kubler (1983) proporciona abundante información sobre los medios que se usaron para implementar la mano de obra indígenas en las construcciones monásticas en México. Menciona que en Yanhuitlan hacia 1570 se asignaron seis mil indígenas en cuatequil para la construcción de la iglesia. Fueron divididos en 10 cuadrillas de 600 hombres encargadas del transporte de la piedra cal y agua. Este numero no incluía a los artesanos que labraban la piedra preparaban la mezcla y asistían a los europeos que dirigían la obra. Inclusive Kubler hace mención de las rebeliones organizadas por indígenas como consecuencia de la explotación que se generaba por las ambiciosas construcciones de los frailes.
3. Muchas de las capillas abiertas en México tuvieron carácter temporal, pero la de Teposcolula se construyó con un carácter monumental y permanente.
4. Jhon Mc. Andrew (1969) hace mención de los diferentes acontecimientos y actividades que se desarrollaban en los atrios incluyendo representaciones teatrales. Las capillas abiertas siempre fueron muy útiles para este tipo de actividades.
5. Jose Carlos Palacios (2009 101) muestra las diferencias que surgen en los enjarjes cuando se trazan los arcos al intradós o al extradós.
6. En la sección del edificio dibujada a través de la información obtenida por la nube de puntos se muestra que la bóveda que precede el altar es mas alta que las demás, seguramente este fue el motivo por el cual se decidió construir el resto de las bóvedas de la nave con arcos escarzanos.
7. Varios autores (Kubler 1982; Palacios 2009; Rabasa 2000) coinciden con que Rodrigo Gil de Hontañon recomendaba que las nervaduras se jerarquizaran de ese modo.
8. Kubler (1983 xx) habla de la simplicidad de las iglesias de una sola nave y sugiere que uso este tipo de edificio como parte de las estrategias de evangelización pues en este tipo de edificio los feligreses miran al altar sin distracción.
9. El completo estudio de Jose Carlos Palacios (2009 80-85) muestra como la mayor parte de las bóvedas construidas en España presentan terceletes que fueron trazados encontrando un punto fuera de los límites del polígono mismo de la bóveda (generalmente un circulo circunscrito al polígono), sin embargo las bóvedas mexicanas presentadas en este estudio fueron trazadas de otra manera.
10. En previos estudios como el de Kubler (1983) o el de Mullen (1994) se menciona la actividad de fray Francisco Marín en la mixteca, ambos coinciden que él había hecho estudios de arquitectura por lo que se le atribuyen la construcción de templos y edificios públicos de las comunidades que estuvieron a su cargo. Sin embargo no se ha podido comprobar su autoría como el diseñador de alguno de los edificios con los que se le vincula.

LISTA DE REFERENCIAS

Baird, Joseph A. 1962. *The Churches of México 1538 – 1810,* 24. Berkeley.

Kubler, George. 1983. *Arquietctura Mexicana del Siglo XVI.* Fondo Cultura Económica. México.

Medina, Miguel Angel. 1992. *Los Dominicos en America.* MAPFRE. Madrid.

Mc. Andrew, Jhon. 1969. *The open air churches of the sixtheenth century México. Atrios, Posas, Open Chapels and Other Studies*. Harvard.

Mullen, Robert J. 1994. *La arquitectura y la escultura de Oaxaca, 1530'S a 1580'S.* Volumen 2: El Estado, Primera parte. Ed. Codex. México.

Palacios, Jose Carlos. 2003. *Trazas y Cortes de Cantería en el Renacimiento Español,* 287-321. Munilla-Lería. Madrid.

Palacios, Jose Carlos. 2009. *La Cantería Medieval, La Construcción de la Bóveda Gótica Española.* Munilla-Lería. Madrid.

Rabasa, Enrique. 1996. *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* 427. Instituto Juan de Herrera. Madrid.

Rabasa, Enrique. 2000. *Forma y Construcción en Piedra, de la Cantería Medieval a la Estereotomía del Siglo XIX.* AKAL. Madrid.

Los tratados de arquitectura como modelos constructivos. La influencia de la Regola de Vignola y su copia en un libro de trazas aragonés

Natalia Juan García

La influencia de la *Regola dei cinque ordini d'architettura* de Giacomo Barozzi Vignola (1507-1573) en la tratadística moderna es, como se sabe, fundamental (Thoenes y Roccaseca 2002 a: 89-99). El éxito que tuvo este tratado, considerado como un hito teórico de la cultura artística y arquitectónica de Occidente fue notable desde el mismo momento de su publicación, tal y como corroboran las numerosas ediciones posteriores que se hicieron (Marías 2010: 207-227). Un clásico histórico sobre la obra de Vignola es el trabajo de María Walcher Caserotti, (Walcher 1960, 2) aunque también resultan interesantes las numerosas aportaciones realizadas en el cuarto centenario de su muerte recogidas en un completo compendio de investigaciones que estudian su vida y su trayectoria profesional (Coolidge et al. 1974), así como otras contribuciones más contemporáneas (Fagiolo 1994, 1: 629-645) que se refieren a aspectos concretos de su trayectoria profesional (Tuttle et al. 2002). Tampoco podemos desestimar estudios mucho más recientes publicados con motivo del quinto centenario del nacimiento de Vignola por incluir un catálogo de obras e interesante bibliografía en sus páginas (Fagiolo 2007: 257-315).

Con toda la bibliografía posterior que ha producido este tratado, no hay ninguna duda de la gran fortuna que ha tenido la *Regola* (Thoenes y Roccaseca 2002 b: 362-366). Sin embargo, es curioso comprobar que haya tantas complicaciones para datar cronologicamente este texto. La dificultad para concretar el año exacto de su publicación, tal y como señala Christof Thoenes, radica en «la mancanza di riferimenti cronologici assoluti. Infatti, sull'intestazione dell'*editio princeps* non è indicata la data di publicazione. Non è datato neanche il privilegio di stampa papale riprodotto sulla tavola succesiva, che garantisce i diritti d'autore di Vignola 'per decennium a tempore impressionis dicti libri'... Soltanto sulla base di alcune lettere possiamo concludere che l'opera è in fase di lavorazione nel 1561» (Thoenes 2002 b: 333). El problema no es sólo concretar la fecha exacta sino que, como apunta este mismo estudioso, también hay dificultades en otro tipo de datos pues «non vengono nominati nè lo stampatore, nè il luogo di edizione. E verosimile che la Regola venga pubblicata privatamente a Roma dall'autore, forse in collaborazione con Antonio Labacco» (Thoenes 2002 b: 333). De las cartas que cita Thoenes en su estudio se hacen eco algunos autores quienes se refieren a la *editio princeps princeps* de la *Regola* (Thoenes y Roccaseca 2002 a), de la que señalan que «se puede deducir que en 1561 estaba en fase de elaboración y ya acabada en 1562 gracias a una carta (firmada por Vignola en Roma el 31 de agosto de 1561) que se ha conservado en el Archivo di Stato Auditore delle Riformagioni de Florencia en la que Vignola se dirige a Giorgio Vasari para decirle cómo lleva de adelantado el texto que ha escrito "già assai tempo fa"» (García 2002: 61). Así, la historiografía considera el año 1562 como la fecha de su primera publicación.

Tomando esta fecha como la de la primera edición italiana —a la que constantemente se le incluyeron

añadidos en las siguientes— (Marías 1994: 69 y Súarez 2008: 276), hay que considerar el enorme éxito que tuvo desde el momento de su publicación. Su fama puede medirse en el elevado número de ediciones posteriores que se hicieron de la *Regola* (Thoenes 2002 a: 100-107). En 1593 salió en Madrid la primera versión en español, que llevaba por título *Regla de las cinco ordines de arquitectura, traduzido del toscano al romance* y que vio la luz gracias a Patricio Caxés o Caxesis bajo el impulso de Juan de Herrera (Bustamante y Marías, 1985: 210-211; Súarez 2008: 291). A la primera edición española de 1593, de la que existe una edición facsímil con un interesante estudio introductorio (Rodríguez [1593] 1985), le siguieron otras muchas que vienen a corroborar la fortuna que tuvo este tratado. Para conocer las ediciones que ha habido del tratado de Vignola y, en concreto, las españolas resulta fundamental el artículo «Giacomo Barozzi da Vignola. Regola dei cinque ordini d'archittetura» (Walcher 1985: 501-577), el trabajo «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo» (Bustamante y Marías, 1985: 134-148) y el estudio «Vignola y España: dibujos, grabados, lecturas y traducciones» (Marías 2010: 207-227). También se citan algunas ediciones de la *Regola* en el libro «Fuentes bibliográfics de *Arte y Uso de Arquitectura* de Fray Lorenzo de San Nicolás» (López 1990, 3: 137-149). A las numerosas ediciones y traducciones que tuvo la *Regola* —recogidas por Francisco Calvo Serraller (Vignola, G. B. 1981: 21-34)— debemos sumar las que no llegaron a ver la luz y que, lamentablemente, quedaron inéditas. Entre éstas hay que añadir toda una suerte de cuadernos de talleres familiares que también recogieron la impronta de Vignola en manuscritos que no llegaron a publicarse.

Este es el caso del libro de trazas de la familia de arquitectos Tornés originaria de Jaca, en la provincia de Huesca, de quienes hemos encontrado un interesante manuscrito. Éste fue subastado en la Casa Velázquez de Madrid, donde previamente había sido entregado por un particular. Hemos intentado investigar el propietario que poseía este libro y lo entregó a subasta, pero nos ha sido imposible determinar el nombre del antiguo propietario, entre otras cosas, porque la documentación se conservaba en la propia casa de subastas y ésta cerró hace aproximadamente cinco años. El manuscrito Tornés pasó a formar parte de los fondos documentales del Gobierno de Aragón mediante el derecho de tanteo ejercido por administración pública que pagó 21.284,84 euros por la adquisición de este manuscrito. La compra tuvo lugar el día 21 de noviembre de 2001 y fue dada a conocer en el Boletín Oficial de Aragón justo un mes más tarde. A pesar de que el libro se encontraba desde ese año en Aragón, no pudimos consultarlo hasta que se terminó su restauración el día 6 de abril de 2004. En ese momento llegó al Archivo Histórico Provincial de Huesca, lugar en el que se conserva en la actualidad y donde hemos podido estudiar este manuscrito que, debido al interés que tiene, merece una profunda reflexión.[1]

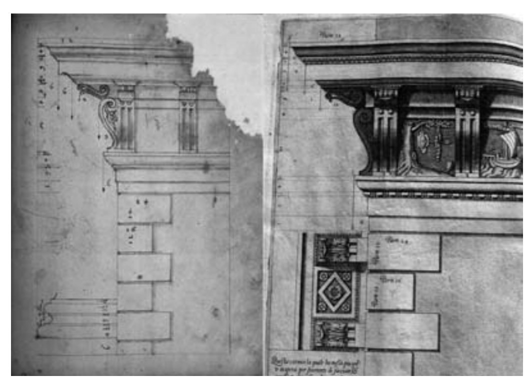


Figura 1
Diseño de cornisa y entablamento. La imagen de la derecha corresponde a la lámina 32 del tratado *Regola dei cinque ordini d'architettura* (Vignola [1562] 1691) mientras que la imagen de la izquierda corresponde al folio 38 del manuscrito de los Tornés conservado en el Archivo Histórico Provincial de Huesca

EL TACCUINO DE LOS TORNÉS

El manuscrito de los Tornés consta de 71 folios en los que se reproducen diseños, trazas e interesantes dibujos aunque también incluye determinados textos y apuntes arquitectónicos[2]. Se trata del único documento de esta naturaleza localizado hasta ahora en Aragón y que, además, tiene la particularidad de haber sido realizado por profesionales aragoneses, aunque en él no escribió un único autor, sino diferentes miembros de esta saga de arquitectos, cuyas firmas, nombres y dibujos se entremezclan a lo largo de las

páginas de este texto. La familia de arquitectos Tornés gozó durante la Edad Moderna de gran reconocimiento en el panorama sociocultural del Alto Aragón, donde distintas generaciones llevaron a cabo una intensa actividad profesional (Costa 2004: 171-188, espec. 176-178; Juan 2006: 17-19; Juan 2007 a: 427-445; Juan 2007 b: 16-19; Juan 2007 c; Juan 2008: 16-19). Además de su trabajo práctico en lo artístico —especialmente arquitectura y escultura— dejaron por escrito un interesante libro teórico. Este posee unas dimensiones de 29,5 × 22 centímetros. Sus folios tienen una caja de escritura variable por ser un manuscrito con el añadido de que fue escrito por diferentes personas, por ello se aprecian distintos tipos de caligrafía. Lo hemos datado entre 1640 y 1743 aunque, debemos señalar que ofrecemos estas fechas con ciertas reservas, pues al tratarse de un manuscrito, no existe un año exacto de publicación al que poder atenernos. Para determinar la cronología hemos considerado el año más antiguo que aparece citado en el texto (1640 que se indica en el folio 14v) y el más reciente (1743 que aparece en el folio 64v) lamentando que muchos de los dibujos no hayan sido fechados por sus autores. De haber sido así, se podrían salir de este marco temporal y, por lo tanto, modificar la cronología que ahora ofrecemos.

Resulta difícil realizar un examen codicológico del papel, pero podemos señalar que la encuadernación de este libro es en piel marrón, gofrada con florones dorados en el lomo. Se trata de una encuadernación nueva, por lo que no es la original sino que fue realizada en el momento de la restauración. El manuscrito ya había sido restaurado cuando lo compró la Diputación General de Aragón y así llegó a Archivo Histórico Provincial de Huesca donde se conserva. Tampoco tenía hojas iniciales en la que se expusiera un título y, por ello, se denominó *Libro de trazas de la arquitectura jacetana.*[3] La foliación de este libro no es la original sino que pertenece al momento en el que se restauró el mismo. Las páginas están numeradas desde el folio 1 hasta el folio 71 r, ambos inclusive. No faltan hojas pero algunas de ellas están en blanco. En líneas generales hay que indicar que se encuentra en buen estado de conservación, únicamente hay que lamentar pérdidas en la esquina superior izquierda de todas las páginas. En otras, como en el caso de los folios 14 r, 41 r y 54 r, la pérdida de material ha sido mayor y sólo se conserva la mitad superior del folio. Todavía es más grave lo que ocurre en los folios 71 r y 71 v donde se ha perdido prácticamente todo a excepción de una parte de reducidas dimensiones (casi el espacio justo para poder foliar la página). También hay que señalar el caso concreto del folio 22 que presenta dos grandes quemaduras en su parte central y algunas más pequeñas en el resto de la página pero, por lo general, como decimos, el libro se encuentra en buen estado.

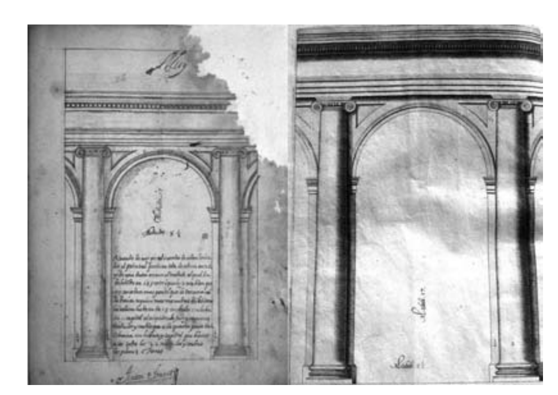


Figura 2
Diseño de arcada del orden jónico. La imagen de la derecha corresponde a la lámina 26 del tratado *Regola dei cinque ordini d'architettura* (Vignola [1562] 1691) mientras que la imagen de la izquierda corresponde al folio 25 del manuscrito de los Tornés

Los datos que se recogen en este manuscrito son apuntes arquitectónicos que llevan a pensar que nos encontramos ante un libro escrito por y para profesionales. Sin embargo, ni los datos escritos ni tampoco los diseños arquitectónicos que aparecen en este manuscrito siguen un orden establecido, sino todo lo contrario. Por ello creemos que posiblemente se trate de un cuaderno de enseñanzas de la familia que pasó de generación en generación. Quizá algunos de sus miembros tuvieron el propósito de que llegase a ser un texto de arquitectura teórico que pudiera algún día publicarse, para lo cual, pensando en su edición, tendría que necesariamente ordenarse todo su contenido. Se trata, pues, de un cuaderno de apuntes de taller, una obra que no está completamente acabada pero que, en cierta manera, pone de manifiesto que fue ideada para que, en algún momento, llegase a la imprenta. De haber sido ordenado el contenido del manuscrito Tornés, y si hubiera sido finalmente publicado, se habría incluido en el estudio *Tratados*

españoles de arquitectura de comienzos del XVII (Rodríguez 1988: 317-326). Lo cierto es que, lamentablemente, quedó inconcluso tanto en su redacción como en su sistematización. Por ello, la publicación del libro de trazas de los Tornés nunca llegó a ver la luz y ha quedado en el olvido todo este tiempo.

El hallazgo de este manuscrito es similar a lo que ocurrió hace algunas décadas con libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven, dado a conocer en 1971 (Navascués 1971: 295-331) del que, tres años más tarde, se publicó una monografía *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven* (Navascués 1974). Otro caso análogo es el que Fernando Marías y Agustín Bustamante pusieron en conocimiento en el Colloque International «Les traitès d'architecture de la Renaissance» celebrado en Tours en 1980 del que, tres años más tarde, se señalaba lo siguiente «entre 1545 y 1548 se puede fechar un manuscrito titulado "Libro de Arquitectura", obra no completamente terminada pero que evidencia haber sido pensada para que llegara a la imprenta» (Marías 1983: 10-11) referencia que, más tarde, apareció publicada en las actas del citado Coloquio «un manoscritto intitolato *Libro de Arquitectura* conservato nella Biblioteca Nacional de Madrid; è un'opera non conclusa ma evidentemente pensata per la stampa» (Marías y Bustamante 1988: 309). Más reciente es el caso el manuscrito titulado *Sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos* del arquitecto Antonio Ramos encontrado por la Dra. Rosario Camacho Martínez entre los fondos de la Real Academia de San Fernando de Madrid que ha sido objeto de una interesante monografía (Camacho 1992).

Si bien el manuscrito de los Tornés no llegó a publicarse, lo que está claro es que para su redacción sus autores tuvieron acceso a textos de clara vinculación con la tratadística italiana de cuyas fuentes, sin duda alguna, bebieron directamente (Wiebenson 1988; González 1993; León y Sanz 1994; VV.AA. 2001). Hay que tener en cuenta que, en ese momento, este tipo de textos estaban considerados como «instrumentos de carácter teórico, los tratados fueron ante todo un medio de formación, una guía de principiantes y un consultor del práctico o técnico dedicado a la construcción» (Bonet 1993: 16). Los miembros de la familia Tornés a los que, parece obvio, hemos de conceder un elevado nivel cultural, consultaron diferentes tratados de arquitectura y los utilizaron a la hora de elaborar su propio manuscrito.

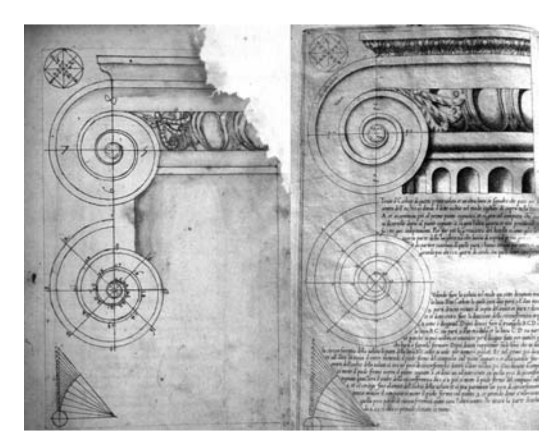


Figura 3
Diseño de capitel del orden jónico. La imagen de la derecha corresponde a la lámina 20 del tratado *Regola dei cinque ordini d'architettura* (Vignola [1562] 1691) mientras que la imagen de la izquierda corresponde al folio 28 del manuscrito de los Tornés

En este sentido debemos tener en cuenta la accesibilidad de la tratadística por parte de los arquitectos españoles aunque en nuestro caso es difícil precisar con total exactitud qué libros y ejemplares de la tratadística arquitectónica había en la biblioteca de los Tornés. Tal y como apunta el profesor Jesús Criado Mainar una de «las vías para rastrear el influjo de los tratados entre los artistas» es el estudio de sus bibliotecas mediante las cuales resulta posible acercarse al «conocimiento y manejo de los textos teóricos por parte de los profesionales» (Criado 2008: 225). Lamentablemente, en el caso de los Tornés, no existe documentación sobre el taller familiar, por lo que es complicado estudiar los libros que manejaron. Esta situación es algo generalizado en el panorama aragonés pues, tal y como señala este mismo estudioso «la documentación aragonesa no se muestra pródiga a la hora de proporcionar catálogos de bibliotecas de maestros de obras y artistas plásticos» (Criado 2008: 225). En cualquier caso se ha podido estudiar en profundidad las bibliotecas de los talleres de Juan de Sariñena, Jorge de Soria, Francisco Santa Cruz, Jaime Fanegas, Jerónimo Salcedo, Pierres Vedel, Domingo de Ondarra y Jerónimo Bocanegra de Segura (Gómez 1982: 241-245; Gómez 1986: 467-474; Gómez 1988: 253 y 260; Gómez 1989: 468; Esquiroz 1989: 536; Álvarez y Mateos 1996: 108; Criado 2008: 225-228).

Lo mismo ha ocurrido con otros arquitectos del ámbito nacional como es el caso de Juan de Herrera (Sánchez 1941; Cervera 1977), Juan Bautista de Toledo (Cervera 1950: 584-622), Juan Bautista Monegro (Marías 1981: 89-117; García 1991: 157), Francisco de Mora (Marías y Bustamante 1986: 227-318), Juan Gómez de Mora (Aguilar 1973: 55-80; Tovar 1982, 55: 192-193 y Tovar 1983: 1-25), Juan de Ribero Rada (Rodríguez 1986, 62: 122-154), Luis Román (Moya 1987, 65: 195-208), Marcos López (Tovar 1974, 10: 133-1-53), José de Arroyo (Moya 1978, 81: 825-834), así como, Fernando Casas Novoa (Folgar 1982, 33: 535-547), Juan de Larrea (Azanza 1997, 58: 295-328), Teodoro Ardemans (Agulló 1977: 571-582 y Blasco 1995, 5: 73-97), Martín Solera (De la Peña 1985, 1: 73-86), Hernán Ruiz el Joven (Morales 1996: 129-135) o, Joan Fiter (Arranz 1991: 178-179) de los que se ha estudiado qué libros poseían y, por lo tanto, qué libros leían y con cuáles se formaban como arquitectos. Sobre este último profesional algunos estudiosos señalan que «la biblioteca de Fiter anticipa el tipo de biblioteca de muchos arquitectos y *mestres de cases* barceloneses de mediados y de finales del siglo XVII: dominio francés, cuando se trata de la técnica, numerosa presencia de tratados italianos, a menudo en ediciones francesas; y una gran preocupación por la estereotomía, ya sea con ejemplares impresos, ya sea con copias o traducciones manuscritas sobre el tema» (Carbonell 2008, 23: 117), características todas ellas que se podrían aplicar a la biblioteca del estudio aragonés de los Tornés y que, de alguna manera, se reflejan en su libro de trazas.

El manuscrito de los Tornés incluye plantas, alzados, secciones y numerosos ensayos, es decir, ejercicios de estilo, variaciones tipológicas entre las que encontramos cortes de cantería que provienen del texto de Alonso de Vandelvira titulado *Tratado de Arquitectura sobre el arte de cortar la piedra* y datado entre 1575 y 1591, lo que denota el gusto por la estereotomía del que habla Carbonell cuando se refiere a la biblioteca de muchos arquitectos de mediados y finales del seiscientos. Del mismo modo aparecen plantas coloreadas de fortalezas defensivas, cuyos diseños fueron extraídos del tratado de arquitectura militar de Cristóbal de Rojas titulado *Teórica y Práctica de Fortificación* de 1598. No obstante, la verdadera singularidad de este libro de trazas es que buena parte de sus folios copian 24 de las 32 láminas de las que se compone el tratado de arquitectura de Giacomo Barozzi da Vignola titulado *Regola dei cinque ordini d'architettura* fechado en 1562, lo que atestigua la presencia de tratadística italiana en la biblioteca de los Tornés.

Debido a su variado contenido, este libro de trazas podría clasificarse —según las recomendaciones ofrecidas por Fernando Marías—[4] como un *taccuino* elaborado para uso interno en el taller de los Tornés. El *taccuino* es un término italiano (cuyo nombre deriva del árabe *taquîm*, que significa literamente «ordenada disposición») que se refiere a un cuaderno o libro de notas con hojas de papel utilizado comúnmente para realizar notas, apuntar datos, escribir determinados apuntes, dibujar bosquejos, bocetos y dibujos presentados todos ellos de manera desordenada como colección de anotaciones, ideas y pensamientos varios en forma de libreta de apuntes, que es precisamente lo que contiene este manuscrito.

El variado abanico de dibujos que aparecen en el manuscrito de la familia Tornés

El libro de trazas de los Tornés constituye, sin duda alguna, una fuente documental de gran interés para conocer la influencia de la tratadística arquitectónica italiana en Aragón. Sin embargo, debido a su compleja naturaleza es uno de esos documentos de difícil clasificación, ciertamente raro y ambiguo, cuyo interés radica precisamente en su extrañeza.

No es un tratado de arquitectura en el sentido puro según la definición que se recoge en el capítulo «Qué es un tratado de arquitectura o la biblioteca ideal del perfecto arquitecto y del constructor práctico» incluido en *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles* (Bonet 1993: 13-26). Los miembros de la familia Tornes reprodujeron muchos de los diseños que aparecen en el texto de Vignola. La copia de imágenes del tratado *Regola dei cinque ordini d'architettura* en el manuscrito de los Tornés se encuentra concretamente en los folios 18r-38r. Por ello, muy posiblemente, una edición de la *Regola* se encontraba en la biblioteca del taller familiar que los arquitectos aragoneses tenían en Jaca. Afirmamos esta tesis a tenor de las numerosas referencias, tanto directas como indirectas, que aparecen en el manuscrito de los Tornés, quienes escribieron el nombre del arquitecto italiano de manera fonética «biñola» en los folios 7r, 7v y 11v.

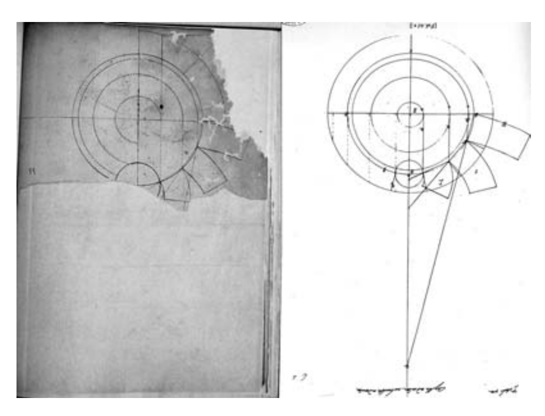


Figura 4
La imagen de la derecha corresponde al folio 54 del manuscrito de los Tornés, mientras que la imagen de la izquierda corresponde al folio 61 del tratado de Alonso de Vandelvira titulado *Tratado de Arquitectura sobre el arte de cortar la piedra* fechado entre 1575-1591

No podemos decir que el libro de trazas de los Tornés sea un tratado de arquitectura militar, pero incluye un compendio de dibujos de fortalezas, cuyos diseños provienen del de Cristóbal de Rojas, publicado en 1598 bajo el título *Teórica y Práctica de Fortificación* (Rojas [1598] 1985). Las trazas de las ciudadelas fortificadas que se incluyen en el libro de los Tornés pueden considerarse como repetitivos ejercicios de estilo, más que encargos para llevarse a la práctica. Los dibujos de fortalezas defensivas que se corresponden con el tratado de Cristóbal de Rojas aparecen en el libro de los Tornés en los folios 63r-69v. Estos diseños, a diferencia de otros que hay en el manuscrito aragonés, van acompañados de una escala en pies geométricos y están coloreados en azul, negro y en un tono marrón-rojizo.

El libro de los Tornés tampoco es un texto técnico pero los folios 49v, 50r, 50v, 51r, 53r y 53v contienen dibujos de geometría, diseños de cortes de cantería y despieces de arcos que están muy próximos a los presupuestos de Alonso de Vandelvira en su *Tratado de Arquitectura sobre el arte de cortar la piedra* fechado entre 1575 y 1591. Lamentablemente, y como ocurrió en el caso del manuscrito aragonés, no llegó a publicarse en su momento y ahora resulta difícil datarlo con una cronología exacta. Suele ser frecuente este tipo de problemas a la hora de fechar manuscritos que no llegaron a publicarse en su momento. En el caso del libro de Vandelvira la complejidad es aún mayor puesto que el texto original desapareció, aunque afortunadamente existían dos copias manuscritas, una en la Escuela de Arquitectura de Madrid y otra en la Biblioteca Nacional (Vandelvira, 1977: 18-23).

El manuscrito de los Tornés no es un libro de artista, si bien es una pieza artística con forma de libro que contiene numerosos bocetos realizados por los miembros de esta familia quienes eran en su mayoría escultores y arquitectos, esto es, artistas, lo que justificaría que entre sus folios encontremos un sinfín de ejercicios de estilo, ensayos, borrones y firmas que aparecen en los folios 13v, 14r, 14v, 23v, 26r 31v, 34v, 38v, 44v, 45v, 46v, 54v, 62v, 64v, 68v y 71v. De hecho, podríamos considerar el manuscrito Tornés como un palimpsesto, puesto que muchos de los folios de este manuscrito están reutilizados e incluyen interesantes anotaciones escritas, así como dibujos al margen.

No se trata de un libro de familia y, sin embargo, constantemente aparecen datos de vínculos familiares sobre los diferentes miembros de esta saga, aunque de forma desordenada, tales como nacimientos, bautizos, matrimonios o defunciones en los folios 15r-17v. Tampoco es un álbum de dibujos, pero ciertamente estos arquitectos recopilaron un sinfín de diseños ideados por ellos mismos que aparecen en los folios 7r, 7v, 59v, 60r, 61r, 69v, 70r, 70v y 71r. No es un libro de fábrica aunque encontramos interesantes noticias documentales e incluso diseños de edificios construidos en la provincia de Huesca que se incluyen en los folios 1r-5r, 39v y 62r. De hecho, una de las cuestiones más interesantes de este manuscrito es la recopilación de importantes datos constructivos y noticias históricas sobre algunas fábricas altoaragonesas en las que trabajaron esta saga de arquitectos de las que incluyen sus plantas, alzados y secciones

Además, en este libro de trazas aparecen otro tipo de dibujos que se refieren a obras sin construir, esto es, arquitectura que no llegó a ejecutarse, como es el caso de dos interesantes portadas presentes en el folio 6r y en el folio 57r, que si bien no quedarían clasificadas como arquitectura utópica, si podemos considerarlas como modelos que no llegaron a realizarse, esto es, divagaciones arquitectónicas. Por último, se hace necesario referirnos a otros diseños que no se vinculan a ningún tratado de arquitectura concreto y que se incluyen en los folios 9r, 10r, 12r,

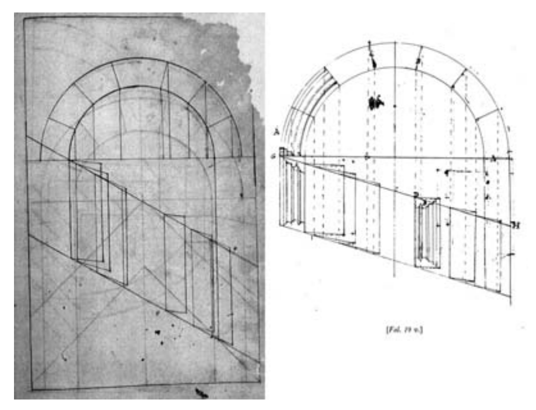


Figura 5
La imagen de la izquierda corresponde al folio 50 del manuscrito de los Tornés, mientras que la imagen de la derecha corresponde al folio 19 del tratado de Alonso de Vandelvira titulado *Tratado de Arquitectura sobre el arte de cortar la piedra* fechado entre 1575-1591

13r, 40r, 41v, 42r, 43r, 44r, 45r, 47r, 48r, 52v, 54r, 55r, 56r, 56v, 58r y 59r; así como folios en los que redactaron escritos por ellos mismos, es decir, que tampoco lo copiaron de ningún libro publicado y que aparecen en los folios 7r, 7v, 8r, 11r, 11v, 12r, 26v, 46v y 48v.

La reproducción de todo este mosaico de imágenes en un único manuscrito confirma que, efectivamente, en la Edad Moderna los modelos arquitectónicos circulaban a través de libros impresos que adquirían los técnicos para su formación. Esta práctica fue muy generalizada entre los arquitectos de la época, tal y como apuntan algunos estudiosos «en el periodo barroco se publicaron gran cantidad de recopilaciones» (Sainz, 1990: 86) de diseños que eran adquiridos por artistas y arquitectos quienes se hacían con láminas, dibujos o bien grabados de profesionales a los que admiraban (San José 1997). De esta moda participaron los Tornés, quienes consultaron el tratado de Vignola y sólo así se entiende que los copiasen tal cual en su libro familiar. Eso sí, hay que tener en cuenta, tal y como apuntan algunos estudiosos, que «los arquitectos y maestros de obras tanto como sus destinatarios, poseían una cultura visual arquitectónica y unos modos de lectura y discriminación que no eran los mismos de los historiadores del arte y de la arquitectura del siglo XXI, siempre orgullos y autocomplacientes con su extensa cultura producto de nuestros tiempos más que de los de los objetos de nuestro estudio» (Marías, 2008, 23: 37), interesante reflexión que debemos considerar al analizar el contenido del libro de trazas de los Tornés.

La impronta de Vignola en el libro de trazas de los Tornés

Debido al complejo contenido que tiene el manuscrito de los Tornés no podemos acometer con detenimiento —con las comprensibles limitaciones de espacio que tiene este trabajo— un profundo análisis de la influencia de la tratadística de la época en los miembros de esta familia de arquitectos. Sin embargo, no nos resistimos a avanzar algunas hipótesis sobre las láminas de Vignola que fueron copiadas en el manuscrito aragonés en los folios 18r-38r. Antes que nada hay que advertir que los Tornés no copiaron absolutamente todos los diseños de los que se compone la primera edicion de la *Regola*. Hemos comprobado que entre sus folios[5] no se reproducen la lámina 1 (portada del tratado), la lámina 2 (Motu propio Papa Pio IV), la lámina 3 (Dedicatoria al Cardenal Farnese), la lámina 4 (dos columnas con entablamento del orden toscano sin pedestal), la lámina 9 (dos columnas con entablamento de orden dorico sin pedestal), la lámina 15 (dos columnas con entablamento de orden jónico sin pedestal), la lámina 21 (dos columnas con entablamento de orden corintio sin pedestal), ni tampoco la lámina 30 (dos capiteles y una basa del orden compuesto).

Los Tornés únicamente copiaron 24 láminas de las 32 de las que se compone *Regola dei cinque ordini d'architettura,* en concreto, las láminas 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18,19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31 y 32. Así, es fácil deducir que los arquitectos aragoneses tenían en su taller familiar este ejemplar del tratado de Vignola. No debe sorprendernos que la *Regola* llegase hasta Jaca, ya que la importación de láminas de arquitectura y, en concreto, la influencia de las de Vignola en la arquitectura fue algo ordinario. Tal y como apuntan algunos especialistas que han estudiado la renovación arquitectónica del Altoaragón, ésta se produjo «gracias a las fuentes gráficas que iban alcanzando paulatinamente las tiendas de los libreros y las librerías de algunos clientes y artífices. En estos productos de la imprenta interna-

cional o española, bebieron los introductores de las formas renovadas... y los libros de arquitectura se convirtieron en el intrumento principal del cambio» (Marías, 1994: 68). La fama de la *Regola* la convirtió en un libro de culto a nivel internacional, lo que propició su extensa difusión por Europa y que llegara incluso a recónditas localidades del Pirineo aragonés.[6] A este respecto, Christof Thoenes señala que, la historia de uno de los más famosos libros de arquitectura de todos los tiempos comienza con una paradoja, pues la *Regola* de Vignola, en su forma originaria, no es técnicamente un libro, sino una serie de grabados —en cuya parte inferior aparecen algunas líneas explicativas— que ilustran los cincos órdenes de arquitectura (Thoenes 2002 b: 333). Por esta razón interesó tanto al público desde su aparición, pues «si tratta di illustrazioni incise in rame con poche righe esplicative in calce. Chi apre il libro vede qualcosa come un catalogo di modelli, e come tale esso è stato inteso dal pubblico dalla sua prima apparizione» (Thoenes y Roccaseca 2002 a: 89). Su éxito se debió, como se sabe, a varios factores. Por un lado la preeminencia de las imágenes frente al texto, que lo hacían mucho más legible y entendible que cualquier otro tratado para la mayoría de profesionales, porque «di tutti i teorici del Rinascimento, Vignola era l'unico a rivolgersi exclusivamente, e espressamente all'architetto praticante» (Thoenes y Roccaseca 2002 a: 90) a quien se dirigía de manera clara y eminentemente didáctica. Sin embargo, esta aparente sencillez no era tal, pues las láminas se acompañaban de medidas (siempre en modulos y/o palmos) y cada cálculo de sus diseños se podía verificar con el compás. No es casualidad que Vignola se retratase en la primera lámina de la *Regola* con un compás en la mano como herramienta del control de la medida y del dibujo que era su modo de expresión natural, pues «defendía que el lenguaje del arquitecto no era la palabra sino el dibujo» (Martínez Mindeguía 2007, 12: 176).

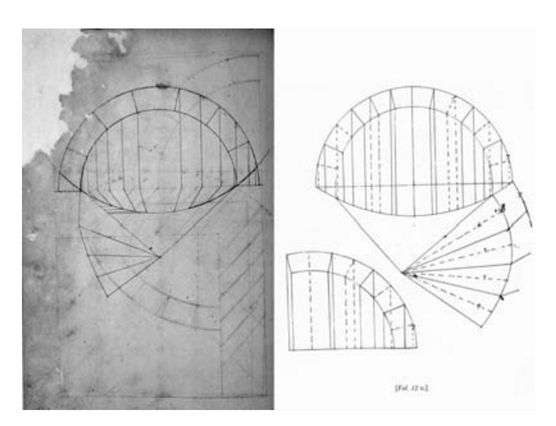


Figura 6
La imagen de la izquierda corresponde al folio 51 del manuscrito de los Tornés, mientras que la imagen de la derecha corresponde al folio 12 del tratado de Alonso de Vandelvira titulado *Tratado de Arquitectura sobre el arte de cortar la piedra* fechado entre 1575-1591

A modo de conclusión

La fama que tuvo la *Regola* en el ámbito arquitectónico se debió a que prácticamente carecía de texto pero, por el contrario, tenía muchos dibujos que eran además muy explicativos, aspecto en el que radica el verdadero atractivo de este tratado. El poco texto que incluía —comparado con el que tienen otros tratados de la época— no estaba escrito en latín culto, sino en «vulgar» (Walcher 1960, 1: 103-105). La *Regola* no requería de una vasta formacion teórica para su entendimiento, aspecto que el mismo autor expresó en su introducción al lector, a quien advirtió que «podrá con una simple ojeada, sin gran molestia de leer, comprenderlo todo y oportunamente hacer uso» (Thoenes 1974: 181-189). Recomendación que precisamente siguieron estos arquitectos aragoneses, quienes hicieron uso de la *Regola* y copiaron algunas de sus láminas en su libro de trazas familiar, como referencia rastreable en las fábricas arquitectónicas que emprendieron, análisis que será tratado en otro estudio.

Para concluir señalaremos que, sin embargo, todo lo que aquí se ha expuesto, puede verse ratificado o, por el contrario, modificado en los próximos meses ya que, al parecer, éste no es el único manuscrito que existe de los Tornés. Recientemente, el Gobierno de Aragón ha adquirido por 26.000 euros un tratado de arquitectura manuscrito en la librería Els Llibres del Tirant de Barcelona, tal y como aparece recogido en el Boletín Oficial de Aragón del 22 de febrero de 2011. Mediante la resolución del 7 de febrero de 2011 la Dirección General de Patrimonio Cultural da noticia de la compra de este otro manuscrito datado también en los siglos XVII y XVIII, que consta de 64 folios, encuadernado en pergamino y con unas dimensiones de

32 × 20’5 cm. Sin duda alguna, este nuevo manuscrito arrojará nueva luz sobre este tema y nos permitirá completar el estudio de la producción escrita de los Tornés. Por ello, debido a la complejidad del asunto y a la comprensible limitación de espacio que tiene este artículo no podemos tratar aquí de forma profunda esta cuestión, este trabajo ha de considerarse como una aproximación al tema que se ampliará en la edición crítica y facsímil que en este momento nos encontramos preparando sobre los Tornés.

NOTAS

1. Archivo Histórico Provincial de Huesca (A.H.P.H.) Sección Familias, Sign. 71. Quisiera dejar constancia de mi más profundo agradecimiento a todo el personal del Archivo Histórico Provincial de Huesca por toda la ayuda facilitada, en especial, a su directora María Rivas Pala por los desvelos que ha tenido siempre con este tema.
2. Para llevar a cabo este estudio hemos realizado una Estancia de Investigación de tres meses de duración en el Centro Internacional de Estudios de Arquitectura Andrea Palladio de Vicenza bajo el tema «Trazas y diseños». El manuscrito de la saga de arquitectos Tornés de Jaca, su aportación a la arquitectura de la Edad Moderna en Aragón y su vinculación con la tratadística italiana que ha sido financiada por el «Programa Europa XXI» de la Caja de Ahorros de la Inmaculada de Zaragoza. Quisiera agradecer al personal del C.I.S.A. de Vicenza y, en especial, a Daniela Tovo la ayuda y las facilidades prestadas. Los resultados de esta Estancia de Investigación queremos darlos a conocer en este *VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, tal y como se ha hecho en anteriores ocasiones por parte de otros estudiosos (González 1996: 255-260).
3. La denominación exacta de este libro de trazas, tal y como consta en el Archivo Histórico Provincial de Huesca, en su versión extendida es «Libro de trazas de la arquitectura jacetana contiene dibujos de plantas, fachadas, alzados y detalles de arquitectura clásica entre ellos la planta de la iglesia de Rasal, la planta de la catedral de Jaca (anterior a su reforma en el siglo XVIII) y varias plantas de ciudadelas semejantes a la de Jaca».
4. Quisiera agradecer a Fernando Marías sus consejos y recomendaciones a la hora de elaborar este estudio y, en concreto, que me sugiriera la posibilidad de que el libro de trazas de los Tornés fuese un *taccuino*.
5. La correspondencia de láminas la hemos hecho comparando el manuscrito de los Tornés con la edición italiana del tratado de Vignola, *Regola delli cinque ordini d’architettura* publicada en Roma en la stamperia di Domenico de Rossi Rima en 1691 que se conserva en el fondo antiguo de la biblioteca del Centro Internacional de Estudios de Arquitectura Andrea Palladio de Vicenza.
6. La influencia de *Regola* se plasmó en diferentes localidades altoaragonesas como las portadas de Sabayés y Angües, el palacio de Montemuzo en Salillas así como en las portadas parroquiales de Piracés y Barluenga (Marías, 1994: 69).

LISTA DE REFERENCIAS

Aguilar y Cobo, M. 1973. «Documentos para la biografía de Juan Gómez de Mora». *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños, 9: 55-80.

Agulló y Cobo, M. 1977. «La biblioteca de Teodoro Ardemans». En *Primeras Jornadas de Bibliografía*. Madrid: Instituto Histórico Español: 571-582.

Álvarez Clavijo, Mª. T. y Mateos Gil, A.J. 1996. «La biblioteca de Miguel Climente Gurrea, protonotario de la Corona de Aragón». *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar*. Zaragoza: LXV: 99-130.

Arranz, M. 1991. *Mestres d’obres i fusters. La construcción a Barcelona en el segle XVIII*. Barcelona: Collegi d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.

Azanza López, J. J. 1997. «La biblioteca de Juan de Larrea, maestro de obra del siglo XVIII». *Príncipe de Viana*, Pamplona, Gobierno de Navarra, Departamento de Cultura y Turismo, Institución Príncipe de Viana, 58: 295-328.

Blasco Esquivias, B. 1995. «Una biblioteca “modélica”. La formación libresca de Teodoro Ardemans (I)». *Ars Longa*. Valencia: Universitat de Valéncia, Departament d’-História de l’Art, 5: 73-97.

Bonet Correa, A. 1993. *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles*. Madrid: Alianza Forma.

Bustamante A. y Marías, F. 1985. «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo». En E., Santiago (dir. Catálogo exposición), *El Escorial en la Biblioteca Nacional*, Madrid: 134-148.

Camacho Martínez, R. 1992. *El manuscrito «Sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos» del arquitecto Antonio Ramos*, Málaga, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Málaga.

Carbonell i Baudes, M. 2008. «De Marc Safont a Antoni Carbonell: la pervivencia de la arquitectura gótica en Cataluña». *Artigrama*, Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 23: 97-148.

Cervera Vera, L. 1950. «Libros del arquitecto Juan Bautista de Toledo». *La Ciudad de Dios*, El Escorial, vols. CLXII-CLXIII: 584-622.

Cervera Vera, L. 1977. *Inventario de los bienes de Juan de Herrera*, Valencia: Albatros Ediciones.

Coolidge, J., Lotz, W., Thoenes, Ch., Tuttle; R.J. y Walcher Casotti, M. 1974. *La vita e le opere di Jacopo Barozzi da Vignola nel quarto centenario della morte*. Bologna: Casa di Risparmiodi Vignola

Costa Florencia, J. 2004. «El barroco en La Jacetania». En J. L. Ona González y S. Sánchez Lanaspa (coord.), *Comarca de La Jacetania*. Zaragoza: Diputación General de Aragón: 171-188.

Criado Mainar, J. 2008. Técnica y estética: los tratados de arquitectura. En *Técnica e ingeniería en España. I, El Renacimiento: de la técnica imperial y la popular*. Madrid: Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico: 207-242.

De la Peña y Velasco, C. 1985. La biblioteca de Martín Solera, un maestro de obras del siglo XVIII en Murcia. En *Imafronte*, Murcia, Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Murcia, 1: pp. 73-86.

Esquiroz Matilla, M. 1989. Relaciones artísticas (plateros, escultores, pintores, bordadores y arquitectos) en Huesca durante el siglo XVI. En *Actas del V Coloquio Congreso Arte Aragonés*. Zaragoza: Departamento de Cultura y Educación: 527-548.

Fagiolo, M. 1994. Il Vignola e l'architettura farnesiana. En *Tiempo y espacio en el arte*, Homenaje al profesor Antonio Bonet Correa. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, tomo I: 629-645.

Fagiolo, M. 2007. *Vignola, l'architettura dei principi*, Roma, Gangemi Editori.

Folgar, M.C. 1982. Un inventario de bienes de Fernando Casas Novoa. En *Cuaderno de Estudios Gallegos*, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, Santiago de Compostela, Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento, 33: 535-547.

García Melero, J. E. 2002. *Literatura española sobre artes plásticas. Bibliografía aparecida en España entre los siglos XVI y XVIII*. Madrid: Encuentro.

García Morales, M.V. 1991. *La figura del arquitecto en el siglo XVII*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Gómez Urdañez, C. 1982. Jaime Fanegas y la declinación de la tradición mudéjar en la carpintería del siglo XVI. Notas biográficas. En *Actas del II Simposio Internacional de Mudejarismo*, Teruel. Instituto de Estudios Turolenses: 241-245

Gómez Urdañez, C. 1986. Artistas-ingenieros en Zaragoza en el siglo XVI. En Actas del Congreso jerónimo Zurita. Su época y su escuela, Zaragoza: 467-474.

Gómez Urdañez, C. 1988. *Arquitectura civil en Zaragoza en el siglo XVI*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza, tomo II.

Gómez Urdañez, C. 1989. Sobre la recepción del clasicismo en la Zaragoza del siglo XVI. El templete circular de la cruz del Coso. En *Actas del V Coloquio Congreso Arte Aragonés*. Zaragoza: Departamento de Cultura y Educación: 459-478.

González Moreno-Navarro, J.L. 1993. *El legado oculto de Vitruvio*. Madrid: Alianza Forma.

González Moreno-Navarro, J.L. 1996. Los tratados históricos como documentos históricos para la historia de la construcción. En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: 19-21 septiembre de 1996. Madrid: Juan de Herrera, CEHOPU: 255-260.

Juan García, N. 2006. La saga de los Tornés de Jaca (I). En *La Estela de Jaca*, Jaca. Ayuntamiento de Jaca, Asociación Sancho Ramírez, 16: 17-19.

Juan García, N. 2007 a. Aproximación al estudio de un libro de trazas de los siglos XVII-XVIII: el manuscrito de la familia Tornés. En VV.AA., *Libros con arte. Arte con libros*, Junta de Extremadura, Consejería de Cultura y Turismo, Cáceres: 427-445.

Juan García, N. 2007 b. La saga de los Tornés de Jaca (II). En *La Estela de Jaca*, Jaca. Ayuntamiento de Jaca, Asociación Sancho Ramírez, 18: 16-19.

Juan García, N. 2007 c. Las trazas de ciudadelas y fortalezas recogidas en el libro manuscrito de la familia Tornés de Jaca. En VV.AA., *Ciudades amuralladas*, Pamplona, Gobierno de Navarra, Departamento de Cultura y Turismo, Institución Príncipe de Viana, publicación en CD rom.

Juan García, N. 2008. La saga de los Tornés de Jaca (III). En *La Estela de Jaca*, Jaca, Ayuntamiento de Jaca, 19: 16-19.

León Tello, F. J. y Sanz Sanz, M. V. 1994. *Estética y teoría de la Arquitectura en los tratados españoles del siglo XVIII*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

López Gayarre, P.A. 1990. Fuentes bibliográfica de Arte y Uso de Arquitectura de Fray Lorenzo de San Nicolás. En *Espacio, tiempo y forma*, Serie VII, Historia del Arte, 3: 137-149.

Marías, F. 1983. Orden y Modo en la Arquitectura. En E. Forssman, *Dórico, Jónico, Corintio en la Arquitectura del Renacimiento*. Madrid: Xarait: 7-45.

Marías F. y Bustamante, A. 1986. Francisco de Mora y la arquitectura portuguesa. En *As relações artísticas entre Portugal e Espanha na época dos Descobrimentos*, Minerva, Coimbra: 227-318.

Marías, F. y Bustamante, A. 1988. Trattatistica teorica e Vitruvianesimo nella architettura spagnola del Cinquecento. En *Les traitès d'architecture de la Renaissance*, Paris, Picard: 308-315.

Marías, F. 1981. Juan Bautista de Monegro, su Biblioteca y De Divina Proportione. En *Academia*. Madrid: Academia de Bellas Artes de San Fernando, 53: 89-117.

Marías, F. 1994. La renovación arquitectónica en el Alto Aragón. En *Signos. Arte y cultura en Huesca de For-*

ment a Lastanosa. Siglos XVI-XVII, Diputación, Huesca: 67-75.

Marías, F. 2008. Geografías de la arquitectura del Renacimiento. En *Artigrama*, Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 23: 21-37.

Marías, F., 2010. Vignola y España: dibujos, grabados, lecturas y traducciones. En *Jacopo Barozzi da Vignola*, aggiornamenti critici a 500 anni dalla nascita, Comitato nazionale per le celebrazioni per il Vignola, Roma: 207-227.

Martínez Mindeguía, F. 2007. La Academia de San Luca, Vignola y el dibujo. En *Expresión Gráfica Arquitectónica*. Valencia: Universidad politécnica de Valencia, nº 12: 176-183.

Morales Martínez, A.J. 1996. *Hernán Ruiz el Joven*. Madrid: Akal.

Moya Barrio, J.L. 1987. La librería y otros bienes de Luis Román, maestro de obras y alarife madrileño del siglo XVII. En *Academia*. Madrid: Academia de Bellas Artes de San Fernando, 65. 195-208.

Moya Barrio, J.L. 1978. Los libros del arquitecto José de Arroyo. En *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos. Madrid:* Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 81: 825-834.

Navascués Palacio, P. 1971. El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven. En *Archivo Español de Arte*, XLIV, 175: 295-331.

Navascués Palacio, P. 1974. *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Madrid.

Rodríguez G. de Ceballos, A. 1986. La librería del arquitecto Juan Ribero de Rada. En *Academia*. Madrid: Academia de Bellas Artes de San Fernando, 62: 122-154.

Rodríguez G. de Ceballos, A. 1988. Tratados españoles de arquitectura de comienzos del XVII. En *Les Traitès d'architecture de la Renaissance*, Paris, Picard: 317-326.

Rojas, C. de. [1598] 1985. *Teórica y Práctica de Fortificación, conforme a las medidas y defenfas deftos tiempos, repartida en tres partes*. Madrid: Luis Sanchez. Madrid: CEDEX, CEHOPU.

Sainz, J. 1990. *El dibujo de arquitectura*. Madrid: Nerea.

San José Alonso, J.I. 1997. *El dibujo arquitectónico. Apuntes sobre su desarrollo*, Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid, Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid.

Sánchez Cantón, F. J. 1941. *La librería de Juan de Herrera*. Madrid: Centro Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Diego Velázquez.

Suárez Quevedo, D. 2008. Centenarios de Vignola (2007) y Palladio (2008). Apuntes, acentos. En *Anales de Historia del Arte*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 18: 271-316.

Thoenes, Ch. 1974. Per la storia editoriale dell 'Regola delli cinque ordini'. En J. Coolidge, W. Lotz, Ch. Thoenes, R.J. Tuttle, M., Walcher Casotti, *La vita e le opere di Jacopo Barozzi da Vignola nel quarto centenario della morte*, Bologna, Casa di Risparmiodi Vignola: 181-189.

Thoenes, Ch. y Roccaseca, P. 2002 a. Vignola teorico. En R. J. Tuttle, B. Adorni, Ch. L. Frommel, Ch. Thoenes, *Jacopo Barozzi Da Vignola*, Milano, Electa: 89-99.

Thoenes, Ch. y Roccaseca, P. 2002 b. La fortuna della Regola. En R. J. Tuttle, B. Adorni, Ch. L. Frommel, Ch. Thoenes, *Jacopo Barozzi Da Vignola*, Milano, Electa: 362-366.

Thoenes, Ch. 2002 a. La fama di Vignola. En R. J. Tuttle, B. Adorni, Ch. L. Frommel, Ch. Thoenes, *Jacopo Barozzi Da Vignola*, Milano, Electa: 100-107.

Thoenes, Ch. 2002 b. La pubblicazione della 'Regola'. En R.J. Tuttle, B. Adorni, Ch. L. Frommel, Ch. Thoenes, *Jacopo Barozzi Da Vignola*, Milano, Electa: 333-340.

Tovar Martín, V. 1974. El arquitecto Marcos López y el convento de las Trinitarias Descalzas de Madrid. En *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños, X: 133-153.

Tovar Martín, V. 1982. Influencias europeas en los primeros años de formación de Juan Gómez de Mora. En *Archivo Español de Arte*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 55: 192-193.

Tovar Martín, V. 1983. *Arquitectura madrileña del siglo XVII*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños

Tuttle, R.J. Adorni, B. Frommel, Ch. L. Thoenes, Ch., (eds.), 2002. *Jacopo Barozzi Da Vignola*, Milano, Electa.

Vandelvira, A. de. 1977. *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*, ed. a cura di Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle. Madrid: Confederación Española de Cajas de Ahorros.

Vignola, G. B. de. 1691. *Regola delli cinque ordini d'archittetura*, Roma, stamperia di Domenico de Rossi Rima.

Vignola, G. B. 1981. *Regla de los cinco órdenes de arquitectura*, introducción de Francisco Calvo Serraller, Murcia, Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.

Vignola, G. B. de. [1593] 1985. *Regla de las cinco ordines de arquitectura*, traduzido del toscano al romance por Patritio Caxesi. Madrid: introducción de Alfonso Rodríguez de Ceballos. Valencia: Albatros.

Vignola, J. de [1764] 2009, *Regla de las cinco ordenes de arquitectura*, Sevilla, Extramuros, ed. facsímil de la edición de Joaquín Ibarra de Madrid.

Walcher Caserotti, M. 1960. *Il Vignola*, Trieste, Universitá degli Studi di Trieste, Instituto di Storia dell'Arte Antica e Moderna, Smolars, 2 vols.

Walcher Caserotti, M. 1985. Giacomo Barozzi da Vignola. Regola dei cinque ordini d'archittetura. En E. Bassi, S. Benedetti, R. Bonelli, L. Magagnato, P. Marini, T. Sca-

lesse, C. Semenzato, M. Walcher Casotti, *Pietro Cataneo. Giacomo Barozzi da Vignola. Trattati*, Milano, Edizioni Il Profilo: 501-577.

Wiebenson, D. 1988. *Los tratados de Arquitectura: de Alberti a Ledoux*, ed. a cura di J. A. Ramírez. Madrid: Hermann Blume.

VV.AA. 2001. *Tratados de arquitectura de los siglos XVI-XVII*, Museo de Bellas Artes, Catálogo de la exposición celebrada del 10 de abril al 20 de mayo de 2001, textos Fernando Chueca et alcui. Valencia: Generalitat Valenciana.

Nuevas perspectivas sobre el *opus craticium* romano, una técnica constructiva olvidada

Xavier Laumain

La Antigüedad romana es, sin lugar a duda, una de las épocas más prolíferas en la Historia de la Construcción. Las proezas edilicias conseguidas gracias a la introducción de nuevas técnicas de un asombroso grado de perfección le han conferido una gran relevancia.

En el imaginario común, la arquitectura romana consistía en grandiosos edificios decorados de mármol y adornados de esculturas, imponentes templos o acueductos de piedra, y lujosas villas. Cuando los técnicos tratamos de sus estructuras, solemos hacer referencia al uso de la piedra, del ladrillo o del hormigón. Sin embargo, si la utilización de este último, así como la mejora y generalización del uso del arco y de la bóveda —como herencia etrusca—, constituyen las aportaciones más destacadas, nos olvidamos de la capacidad de los romanos en el trabajo de la madera. Las arquitecturas naval, militar o civil muestran un recurso generalizado a dicho material, así como complejas técnicas asociadas a su uso. El entramado de madera —el *opus craticium*— constituye a su vez una de las técnicas constructivas más desconocidas de la Antigüedad romana.

La situación aparentemente paradójica que consiste en la convivencia de un *corpus* muy limitado de referencias bibliográficas a este *opus craticium*, a pesar de existir numerosos restos arqueológicos, impulsó la realización de la investigación que se pretende abordar en la presente comunicación, desvelando parte de los aspectos fundamentales de dicha contradicción.

El contexto histórico y técnico

El origen del gran vacío que rodea el entramado de madera romano puede ser el resultado de varios factores. Para averiguarlo, el punto de partida de la investigación fue situar a esta técnica en su contexto histórico, y por lo tanto el estudio de la posible existencia de una filiación constructiva, así como de las capacidades por parte de los antiguos romanos en el trabajo de este material.

Existencia de una continuidad histórica

Paul Oliver afirma que «el Hombre tiene una afinidad natural hacia la madera» (Oliver 1997, 1: 248). Este material es, conjuntamente con la piedra y el barro, el más antiguo utilizado para la construcción. Los primeros refugios prehistóricos ejecutados de mano humana fueron realizados a modo de cabaña, aprovechando la materia prima que proporcionaba de forma inmediata la naturaleza. Hasta la sedentarización no aparecieron técnicas constructivas desarrolladas, ya que cada desplazamiento suponía el abandono del refugio anterior. Es, por lo tanto, entre la Edad del Bronce y la del Hierro que se produce la aparición de las primeras viviendas estables. Esta condición, así como el desarrollo de herramientas cada vez más eficaces y variadas, permitieron el trabajo de la madera para adaptarla a las necesidades constructivas. Las viviendas constaban entonces de postes ver-

ticales plantados en el suelo, y techumbre rudimentaria de material vegetal. Sin embargo, ya en la protohistoria vemos aparecer las formas primitivas de lo que serán más tarde las cerchas y los entramados de madera (figura 1).

Las construcciones de finales de la Edad del Bronce muestran una técnica que ha llegado a su madurez y que, para seguir evolucionando, debe introducir profundos cambios. La continua evolución a lo largo de la Historia nos lleva, según toda lógica, a suponer que la Antigüedad clásica, y particularmente la romana, sería el momento de dicha etapa. Sin embargo no se disponía de una síntesis de información sobre el uso de la madera en la construcción de la época, lo que nos obligaba a proponer simples conjeturas. Además las construcciones alto-medievales presentan características similares a las viviendas neolíticas, creando una duda sobre una posible aportación en el espacio de tiempo intermedio (figura 2). ¿Sería posible que el entramado de madera haya conocido una época de «estancamiento» durante tan largo periodo? La realidad arqueológica nos demuestra lo contrario, pero es necesario empezar a distinguir entre las viviendas rurales y las urbanas. En el ámbito rural el sistema constructivo conocerá poca o ninguna evolución, coincidiendo con dicha primera impresión. Se construirá de forma rudimentaria, perpetuando los modelos conocidos. Sin embargo, en el ámbito urbano —así como en villas aisladas o periurbanas— las edificaciones utilizarán rápidamente una morfología cercana a la que se empleará en la Baja Edad Media, a excepción de algunos elementos técnicos específicos, que no se introducirían hasta dicha época. En este caso podemos afirmar que existe evolución, y que la vuelta a sistemas anteriores más «pobres», que se produce a la caída del Imperio, significa un retroceso atribuible a la situación general de la época.

La estructura de las construcciones romanas se compone de un entramado regular de madera, de medidas constantes en el mismo elemento, pero que pueden variar ligeramente de un edificio a otro. Esta constante se explica por varios factores, de los cuales el más importante es la búsqueda constante de los romanos de racionalizar los recursos de los que disponían para ahorrar esfuerzos y tiempo.[1] A través de los descubrimientos arqueológicos, observamos varios tipos de estructura en la Antigüedad romana. El hecho de desarrollar varias soluciones, para responder a diversos tipos de situaciones, apoya una vez más la teoría según la cual fue una solución constructiva que, aparentemente, debió ser frecuentemente empleada.

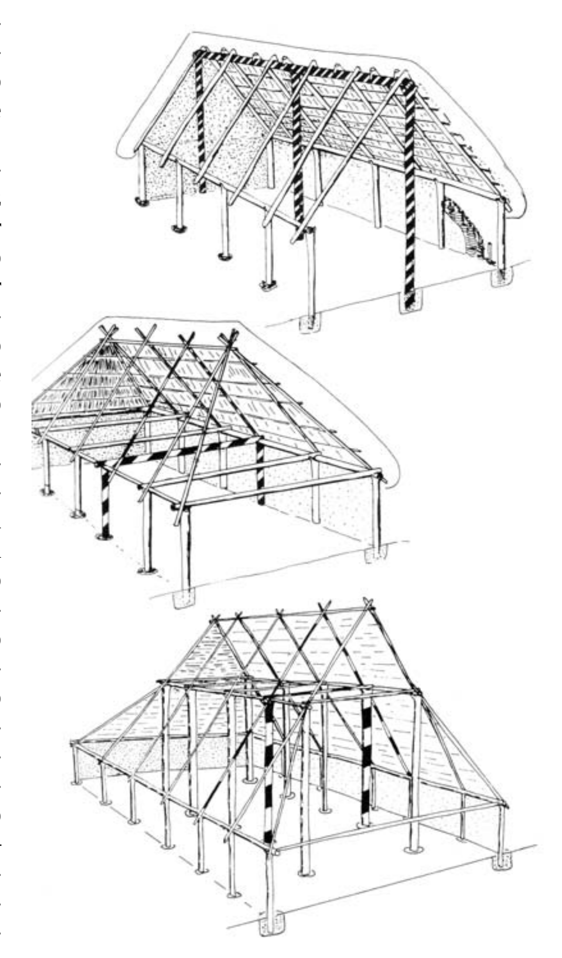


Figura 1
Evolución de la estructura de la vivienda en la Protohistoria (Arcelin; Buchsenschutz 1985)

Durante la Edad Media, y después de volver a utilizar sistemas basados en los utilizados en simples cabañas, el entramado de madera conocerá una lenta evolución, hasta que en el siglo XIII se introdujera el sistema de la madera corta, proporcionando nuevas posibilidades, abaratando el coste y facilitando el montaje. Desde entonces su utilización no dejó de crecer, y la Alta Edad Media se considera como la época dorada de esta técnica (figura 3). Las ciudades

ostentaban cada vez más edificios de entramados de madera, hasta tal punto que creaban un entorno extremadamente favorable a la propagación del fuego.[2] La destrucción de gran parte de Londres en 1666 a causa de un incendio llevó a la adopción, en toda Europa, de medidas estrictas para regular las construcciones de madera. En algunos casos se llegaron a prohibir, pero su gran aceptación popular hizo que siguiera siendo un sistema frecuentemente utilizado, hasta el siglo pasado, cuando la introducción de las estructuras de hormigón armado, metálicas y de las colas revolucionó la forma de construir.

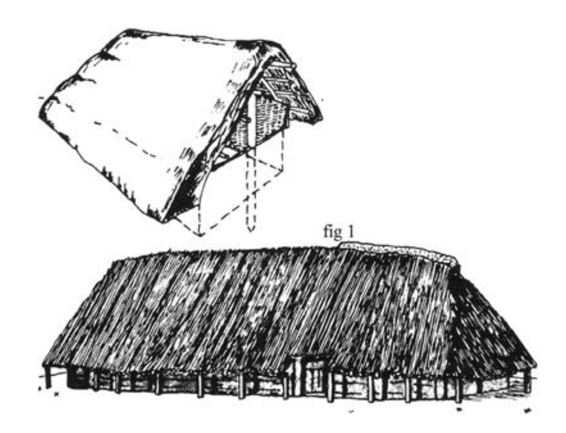


Figura 2
Restitución de dos viviendas alto-medievales parcialmente excavadas, según H.-A. Heidinga (Pesez 1985).

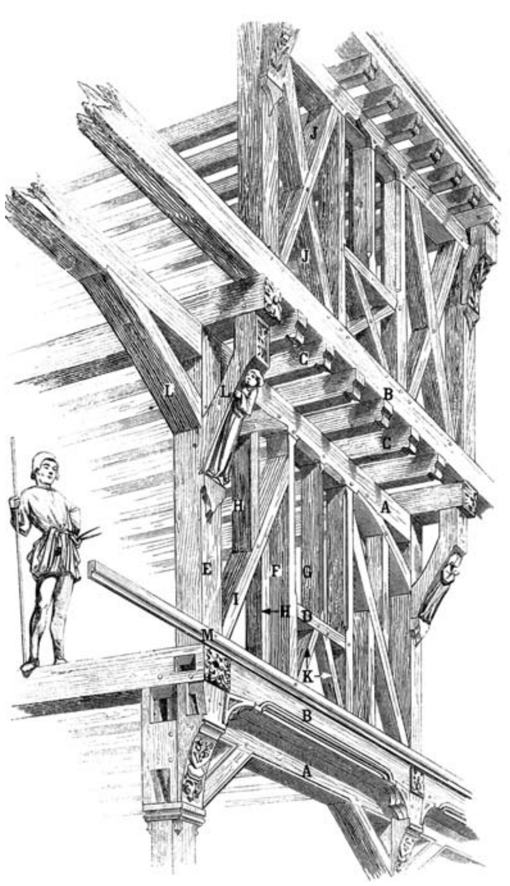


Figura 3
Alzado y sección de una fachada de entramado de madera medieval (Voillet-le-Duc 1864)

Evidencias de una capacidad técnica

No es necesario debatir sobre el genio constructivo y organizativo de los romanos. Sus realizaciones, a lo largo y lo ancho del Imperio lo demuestran sobradamente. Sin embargo se ha estudiado principalmente, y por lo tanto se conocen, sus capacidades en el manejo de la piedra, del ladrillo y del hormigón. Esta investigación se centró, por lo contrario, en el uso de la madera en distintos ámbitos de la vida cotidiana.

La arquitectura naval constituye uno de los ejemplos más evidentes de las capacidades de un pueblo para trabajar la madera. En efecto, si encontramos carpinteros capaces de realizar complejas estructuras de barcos, podemos afirmar que dichos conocimientos son trasladables a otros campos, como por ejemplo la construcción. Jean-Pierre Adam resalta incluso que «podemos pensar que la mayoría de los ensambles complejos entre piezas de madera y entre ellos los rayos de Júpiter han nacido en los astilleros» (Adam [1989] 1995, 105). En el caso de la marina romana, de la cual conocemos numerosos ejemplos, la variedad de soluciones, y la presencia de ensambladuras muy avanzadas, nos lleva a pensar que eran capaces de emplear soluciones mucho más eficientes para acoplar piezas que las que requiere el entramado de madera.

Uno de los ejemplos más claros de utilización sistemática del *opus craticium* es, sorprendentemente, la arquitectura militar. Durante las campañas, los

campamentos romanos destinados a ser utilizados durante periodos prolongados, como por ejemplo en invierno, constaban de verdaderos barracones para alojar a los soldados, aún cumpliendo estrictamente con el plano específico de este tipo de asentamientos (figura 4). Dichas construcciones se realizaban con materiales fáciles de encontrar, disponibles en cualquier lugar, de rápida ejecución, y cuya vida útil no tenía por qué superar varios meses. Por lo tanto el entramado de madera resultaba ser un sistema perfecto para responder a estos condicionantes. Poseemos testimonios arqueológicos, en varios campamentos semipermanentes, del uso de *opus craticium*. Además esta tipología traspasaba el límite de la palizada, y se utilizaba de forma idéntica en las *canabae*, los barrios civiles que se desarrollaban alrededor de los campamentos, y que ocupaba la población que seguía los legionarios en sus campañas (figura 5). En numerosas ocasiones, el recinto fortificado se consolidaba, así como sus construcciones periféricas, formando el núcleo original de lo que se convertiría en ciudad. Es en este momento que se sustituyen las pequeñas casas en *opus craticium*, por edificios más sólidos, haciendo desaparecer las huellas de lo que fueron las construcciones primigenias. Sin embargo el *corpus* de testimonios materiales, y la permanencia en la toponimia de las ciudades de barrios con nombres evocadores —como el barrio de las *canabae* en Lyon (Francia)— nos recuerdan que este esquema evolutivo se repitió con frecuencia.

Las máquinas bélicas presentan igualmente indicios de la capacidad romana para desarrollar sistemas constructivos ingeniosos y sólidos, los cuales se podrían trasponer perfectamente a los demás ámbitos en los que interviene la madera. El caso más relevante es el de las torres de asalto (figura 6), donde una vez más se demuestra la existencia de conocimientos suficientes como para aprovechar los recursos disponibles, aunque fuesen escasos, para elevar rápidamente imponentes estructuras que unen resistencia y flexibilidad, al instar de los cascos de los barcos. Las ensambladuras, de una gran simplicidad y eficacia, se encuentran del mismo modo en algunos ejemplos de entramado residencial.

Por último, no tenemos mucha documentación histórica de los puentes romanos de madera. Sin embargo, si analizamos con atención la información que poseemos sobre dos de ellos —el puente de Trajano sobre el Danubio, y el puente de César sobre el Rin— nos llamará la atención la rapidez de ejecución y la aparente complejidad constructiva, especialmente en el primero de estos dos casos. Según lo que se puede observar sobre la Columna Trajana, la repartición de las piezas, así como la forma que adopta el conjunto, demuestran un gran conocimiento del material y de sus características. ¿Cómo pensar entonces que los romanos pudieron realizar tal estructura, y no fuesen capaces de construir un «simple» entramado? Es evidente, a la vista de estos aspectos, que poseían los conocimientos suficientes como para ser utilizados en cualquier ámbito donde se requería el trabajo de la madera.

Cabe recordar, para ampliar nuestro espectro de visión, que los egipcios o los licios, entre otros pueblos, ya conocían y empleaban sistemas de ensambladuras como la cola de milano, la media madera, o la caja y espiga. Además, la existencia de los pequeños templos licios, o de complejas carpinterías egipcias, demuestran que se conocían perfectamente las características de la madera y su forma de trabajar.



Figura 4
Fotografía de la maqueta del campamento de Housesteads (British Museum, Londres, 2011)

Aproximación al contexto socio-económico

La Antigüedad romana es un periodo apasionante, y que por lo tanto incita a su estudio y por consecuente a elaborar teorías sobre cada uno de sus aspectos, especialmente sociales y económicos. El complejo y controvertido cálculo de la población de Roma, la *urbe* por excelencia, que enfrenta los especialistas

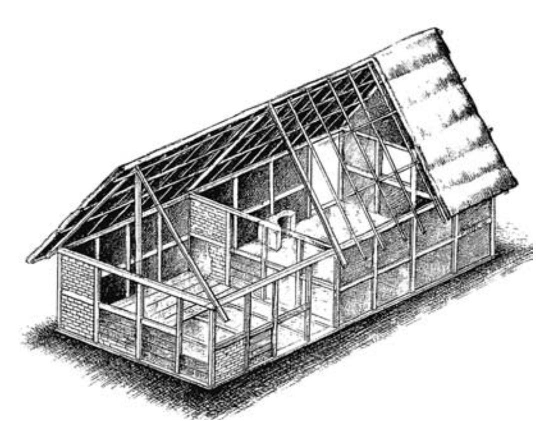


Figura 5
Restitución de una vivienda de la canaba de Argentorum, según T. Logel (Baudoux; Cantrelle 2006)

desde hace siglos, es una prueba de ello. Lo que resulta sin embargo indudable, es que existía una diferencia abismal entre el contexto rural y urbano, y que este último sufría desgraciadamente una temprana especulación inmobiliaria.

La voluntad de aprovechar al máximo el suelo edificable de la capital del Imperio obligó a varios emperadores a legislar sobre la altura máxima que podían alcanzar las *insulae*, aunque la reiteración de los procesos de limitación demuestra su ineficacia.[3] La *Forma Urbis Romae*, el mapa de mayor impacto histórico para el conocimiento de la Roma del siglo III d.C., nos indica la presencia de numerosos edificios que superan ampliamente el vuelo permitido, alcanzando incluso una altura de 24,5m, lo que corresponde a seis o siete plantas.

Esta carrera vertical fue sostenida por una creciente demanda de alojamiento.[4] El aumento de la población, con la consiguiente necesidad de acceder a una vivienda, fomentó y alimentó la promoción de edificios nuevos destinados al alquiler, construidos de forma cada vez más barata y rápida.

Por último no debemos olvidar otro factor a tener muy en cuenta, que es la gran importancia de la organización de la obra en la antigua Roma, la división de las tareas, y la influencia de las corporaciones (véase la nota 1), factores que una vez más nos remiten, entre otras técnicas, al *opus craticium*.

Parece por lo tanto lógico plantear, en este contexto, que una técnica que fuese a la vez económica, de fácil realización, de rápida ejecución, lo suficientemente ligera como para elevar la construcción hasta grandes alturas sin generar una importante sobrecarga, que ocupara poca superficie y además permitiera realizar voladizos, tuviera un tremendo éxito. El *opus craticium* reúne todas y cada una de estas condiciones.

Se ha podido ver que la arqueología nos proporciona ejemplos de entramado de madera romano, que éstos se sitúan en una continuidad histórica con las técnicas anteriores (figuras 7, 8 y 9), que los romanos poseían los conocimientos más que suficientes para desarrollar sistemas de ensamblajes complejos, y que el *opus craticium* se adaptaba a su contexto social, económico e histórico. Por lo tanto queda patente que se utilizó, a pesar de su casi inexistencia en las

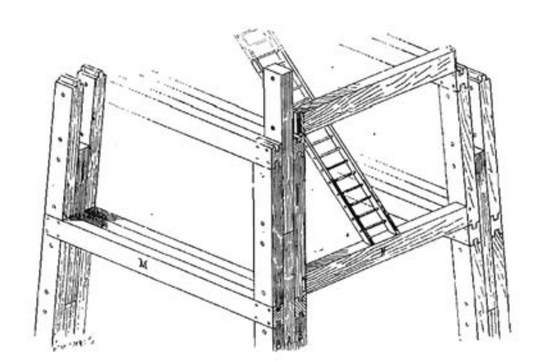


Figura 6
Restitución de la estructura de una torre de asalto (Choisy 1999)

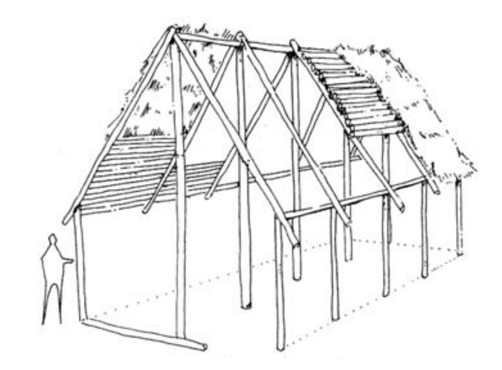


Figura 7
Vivienda neolítica, según G. Childe (Maldonado Ramos; Vela Cossío 1998)

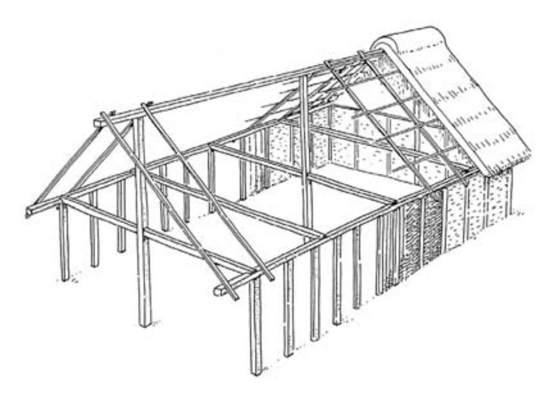


Figura 8
Vivienda rural romana tipo Alphen-Ekeren, de la civitas de Tongres, según J. Slofstra (Gros 2006)



Figura 9
Edificio de estructura de entramado de madera en curso de restauración en Francia (Letenoux 1980)

referencias históricas y en los estudios. Nos queda por lo tanto intentar averiguar cual pudo ser su grado de difusión.

Una realidad material

Los descubrimientos arqueológicos

La primera prueba de la utilización del *opus craticium* en los edificios romanos —más allá de la simple compartimentación interior puntual— nos proviene de Vitruvio (Vitruvio, II, VIII). Éste, al trasmitir su preocupación por la mala resistencia al fuego de esta técnica y el riesgo que presenta de propagación de incendios a gran escala, nos demuestra que existía un volumen suficiente como para generar dicho temor, y que esta solución constructiva no se limitaba a elementos interiores puntuales, sino que se empleaba en elementos exteriores, susceptibles de propagar el incendio.

Debemos asumir que la única fuente bibliográfica histórica, actualmente conocida, que nos demuestre de forma verosímil el uso del *opus craticium* es Vitruvio. Pero existen numerosas pruebas físicas, restos materiales que emergen de las excavaciones arqueológicas, y que hasta la fecha no se habían considerado adecuadamente. Al margen de los restos que podemos observar en Pompeya y Herculanum, ciudades de las cuales hablaremos más detalladamente a continuación, se ha realizado un inventario de los ejemplos descubiertos durante estas últimas décadas. El resultado de dicho estudio deja claro que el uso del entramado de madera se extendía, por lo menos, en la totalidad del territorio cubierto por el Imperio. Se han encontrado casos en numerosos yacimientos de Francia, Bélgica, Alemania, o Inglaterra entre otros lugares. Su presencia, además, es invariable según el clima: las excavaciones arqueológicas han desvelado su presencia tanto en lugares fríos y húmedos, como en zonas más secas y cálidas. La diferencia entre todos estos descubrimientos es el estado de conservación de los restos, y no las características de la técnica, ni su utilización (Figura 10). A pesar de sufrir algunas variaciones, podemos establecer que existe un patrón general, que se repite en los diversos hallazgos.

Podemos resumir los tipos de entramado de madera en dos familias principales: el entramado con piezas verticales y horizontales combinadas, formando una malla, y el entramado realizado exclusivamente con postes verticales. En ambos casos las piezas que forman el marco general, o las técnicas de anclaje en la fábrica, son las mismas. Observaremos únicamente una modificación de la sección de las piezas correspondientes.

El segundo elemento importante del paramento es el relleno de los espacios libres. Para ello podemos encontrar múltiples soluciones, desde el adobe o los ladrillos, hasta la mampostería. El acabado, por el contrario, solía ser constante, consistiendo en una capa de varios centímetros de enlucido, constando a veces de unas admirables pinturas.[5] Los materiales

de relleno, sin embargo, no se empleaban de forma indiscriminada. El material elegido debía corresponder a los condicionantes de cada obra (disponibilidad de material, espesor, coste, etc.). El simple sentido común también quiere, por ejemplo, que no se emplearan mamposterías de piedra caliza en casos de cerramientos de voladizos ya que la estructura de madera no podría sujetar su peso, disposición que encontramos desgraciadamente en algunas restauraciones poco escrupulosas.

A pesar de ser la principal fuente de información, las excavaciones arqueológicas conllevan varios aspectos muy limitadores para llevar a cabo el estudio de esta técnica. En primer lugar, se suele intervenir en zonas puntuales, acotadas, que dejan poco margen a la extrapolación de la frecuencia de uso. Los ejemplos, generalmente de poca superficie, no se pueden considerar de por sí como representativos. Para ello necesitamos un conjunto más amplio. El segundo aspecto viene del hecho de que nos encontremos casi siempre con la parte inferior de las estructuras, llegando como mucho a una altura correspondiendo en origen al primer metro de del muro de planta baja. Por lo tanto no solemos disponer de la parte superior de la edificación, aunque existan algunas excepciones relevantes. Por lo tanto estos dos factores nos impiden tener la información suficiente como para llegar a conclusiones firmes. Sin embargo, aunque en estos casos no se pueda saber con exactitud la extensión del uso del *opus craticium*, nos aportan un dato fundamental, que es la presencia de esta técnica en la zona estudiada.

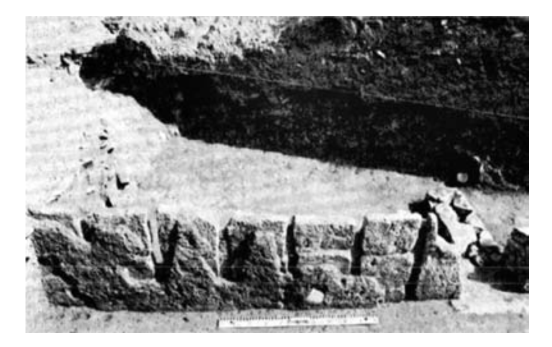


Figura 10.
Fotografía de la base de un tabique de opus craticium durante las excavaciones de la Propiété Solignac de Nîmes (Nickels; Barruol 1983)

Para poder generalizar los resultados, necesitamos poder comparar los datos obtenidos con un ejemplo que sea representativo de lo que podía ser un conjunto completo, a escala urbana y no doméstica o edificatoria. Este conjunto, lo encontramos en Pompeya y Herculanum.

El caso de las ciudades del Vesuvio

La naturaleza del *opus craticium* provoca la desaparición de la madera, y por consecuente la dificultad de interpretación de los restos descubiertos durante las excavaciones arqueológicas. Sin embargo existe un caso especial, en el que los materiales orgánicos se han conservado en buen estado. Se trata de las ciudades del Vesuvio. Las condiciones en las que fueron sepultadas propiciaron una excelente conservación, especialmente en Herculanum. Además, la catástrofe ha fijado estas ciudades en el tiempo, protegiéndolas de cualquier intervención posterior, proporcionando así una imagen absolutamente fidedigna del aspecto que tenía una ciudad provincial de tamaño medio en el siglo I d.C.

Pompeya y Herculanum, pero también yacimientos como Oplontis o Boscoreale, nos proporcionan unos valiosos conocimientos sobre la vida cotidiana de los antiguos romanos, el urbanismo, el arte e incluso su alimentación. Además el conjunto de sitios arqueológicos aporta información complementaria, a escalas distintas. Pompeya, por ejemplo, nos permite abordar una ciudad en su globalidad, mientras que Herculanum nos desvela principalmente aspectos domésticos, o nos conduce a considerar edificios de forma particular.

En este contexto podemos estudiar cada técnica empleada para la construcción, y el alto grado de conservación permite liberarnos de la necesidad de extrapolar para limitarse al riguroso estudio de los vestigios (figura 11). En esta óptica se ha iniciado el inventario del conjunto de restos de *opus craticium* presentes en estos yacimientos.

La primera conclusión inmediata que emerge de dicho labor es la absoluta contradicción entre la realidad arqueológica y la idea generalmente admitida calificando el *opus craticium* como una técnica circunstancial, reduciendo su uso a las viviendas de las clases sociales más bajas. Se han podido observar, principalmente en Herculanum – donde se ha centra-

do la mayor parte de esta primera fase de estudios –, ejemplos de entramado de madera en la gran mayoría de los edificios presentes en la parte excavada de la ciudad. Este hecho implica que esta técnica constructiva se haya utilizado en todo tipo de viviendas, desde las más humildes (como la Casa a Graticcio) hasta las más nobles (como la Casa di Nettuno e Anfitrite, o la villa de Oplontis). Asimismo, su uso no se limitó a la arquitectura doméstica, sino que se encuentra igualmente en edificios públicos, como es el caso del Colegio de los Augustos. Vemos pues que existe una enorme cantidad de testimonios materiales, y que los ámbitos de su utilización exceden ampliamente del círculo generalmente admitido. El recurso al *opus craticium* puede responder a múltiples necesidades, pero destacan principalmente dos: la compartimentación interior, y la creación de volúmenes cerrados en voladizo sobre la calle.

En el primer caso, se utiliza esta técnica para realizar tabiques, de aproximadamente 15cm de espesor, que dividen los espacios, tanto en planta baja como en plantas superiores. Las estructura, compuesta por elementos verticales y horizontales formando malla, permiten dejan huecos para puertas y ventanas en la misma trama, como se podrá observar también en la Edad Media (figura 12). El relleno suele ser de ladrillos, o de piedra pómez, una piedra volcánica muy ligera.

El segundo caso, igualmente muy presente en Herculanum y Pompeya, responde a la voluntad de ganar espacio en primera planta para la vivienda. Una proporción considerable de las viviendas poseían dos niveles en su fachada recayente a la calle, contando con un forjado en voladizo – o apoyado en columnas – que cubría por completo la acera. La Via dell'Abondanza de Pompeya y el Cardo IV de Herculanum son los dos ejemplos más conocidos de la generalización de esta disposición. Para conformar el cerramiento de este espacio adicional se recurría, en la mayoría de los casos, al *opus craticium*, dado que se trata de una técnica ligera, de poco espesor y relativamente flexible. En el caso de las ciudades del Vesuvio observamos que el relleno de estos elementos solía ejecutarse mediante *opus caementicium* realizado con piedra pómez, siendo esta solución la más ligera.

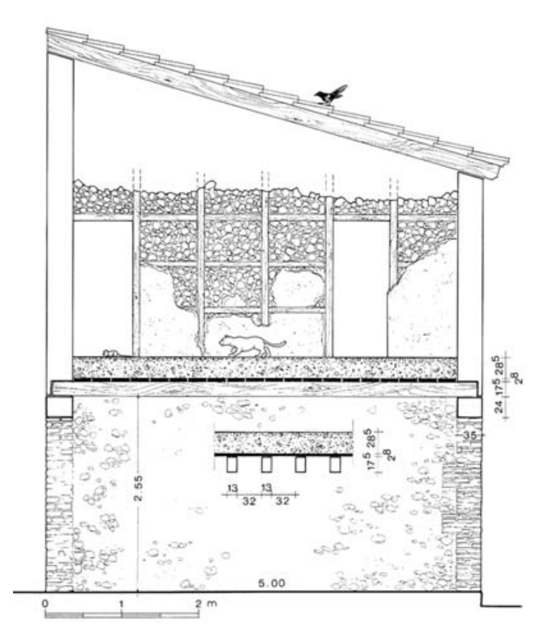


Figura 12
Restitución de un tabique donde se observa el modulo utilizado y el hueco de la puerta (Adam, 1995)



Figura 11
Ejemplo de entramado formando malla, en la Casa di Nettuno e Anfitrite de Herculanum. Este tipo es el más frecuente (Laumain, 2002)

Por último, el paradigma de la utilización del *opus craticium* en la construcción romana es la Casa a Graticcio (figura 13). Dicha vivienda, situada en el Cardo IV de Herculanum, constituye hasta la fecha el único ejemplo conocido de este tipo de edificación, estando enteramente realizada mediante dicha técnica. Se trata de una edificación que consta actualmente de dos plantas, estando éstas divididas en comercio y aparta-



Figura 13
Fotografía de la fachada de la Casa a Graticcio (Laumain, 1998)

mentos. Su descubrimiento revolucionó la percepción que se tenía de la madera en la construcción romana, ya que demuestra de por sí mismo que éstos llegaron a utilizar el *opus craticium* de forma extensa, aunque siguiera suponiendo un descubrimiento puntual. Ahora, la investigación nos lleva a pensar que no fue un caso aislado, sino que corresponde a los modelos de edificios, descritos anteriormente, realizados de forma rápida y barata, destinados a albergar viviendas de alquiler. Constituye por lo tanto un modelo al que referirnos para imaginar la fisionomía que podían adoptar las calles de las grandes ciudades victimas de la especulación inmobiliaria.

Conclusión

Queda patente que los romanos tenían la capacidad técnica de realizar entramados de madera, y numerosos testimonios arqueológicos demuestran que lo hicieron. Además hemos podido entrever que dicha técnica se adaptaba perfectamente a su contexto histórico, social, económico y urbanístico.

Después de considerar la profusión de testimonios materiales que demuestran el frecuente uso del *opus craticium* durante la época romana, podemos incluso concluir que no se trata de una técnica marginal, sino que la escasez de documentación analítica y de síntesis sobre este sistema se debe a la falta de investigación específica.

Por lo tanto, las evidencias aportadas por el estudio realizado ponen en relieve la existencia de una importante laguna en el capítulo dedicado a la Antigüedad romana dentro de la Historia de la Construcción. Aunque se siga investigando todavía para averiguar el alcance exacto de esta técnica, tanto a nivel «cuantitativo» como «cualitativo», se puede afirmar que se trata de un sistema constructivo empleado a gran escala, muy lejos de la marginalidad a la que había sido relegado hasta la fecha.

Agradecimientos

Quiero agradecer la colaboración e implicación de muchas personas que hicieron posible que esta primera etapa de mi investigación llegara a buen término. En primer lugar, al Dr. Patrick de Maisonneuve, quién me ha animado a emprender este camino y me ha proporcionado una valiosa ayuda, así como a Valerio Papaccio que hizo posible mis trabajos en Herculanum. Al Dr. Vicente García Ros le estoy muy agradecido por su paciencia y consejos, y por último a todos los que han encontrado algún interés en esta investigación y me siguen apoyando en su desarrollo.

Notas

1. Esta preocupación ha sido demostrada por Auguste Choisy mediante el amplio estudio que realizó a lo largo de sus investigaciones sobre la construcción romana. Éste lo sitúa como premisa fundamental para entender la forma de plantear las obras en Roma, y por lo tanto las técnicas edilicias, lo cual le permitió interpretar y justificar numerosas incógnitas sobre este periodo, como por ejemplo las irregularidades del Coliseo. La síntesis de sus resultados se puede consultar en *El Arte de Construir en Roma*, donde el autor dedica un capítulo entero al arte de construir y las organizaciones obreras (Choisy 1999, 165-85).
2. Vitruvio, en su obra *De Architectura* (Vitruvio, II, VIII), ya advertía del carácter altamente propicio a los incendios de esta técnica constructiva, desaconsejando su uso.
3. La necesidad de legislar para limitar la altura ocurrió en varias ocasiones. Bajo el imperio de César-Augusto, por ejemplo, se estableció un máximo de 70 pies, lo equivalente a 20,72m. Nerón, después del incendio del año 64 d.C., fijó el techo en 60 pies, unos 17,76m. Ninguna de estas normas tuvo la repercusión deseada.

4. Este hecho ha quedado particularmente claro en los escritos de Vitruvio: «Vista la importancia de la ciudad y la extrema densidad de la población, es necesario multiplicar de forma incalculable las viviendas. Dado que viviendas solamente en planta baja no podrían acoger tal cantidad de población en la ciudad, se ha tenido que, a la vista de esta situación, recurrir a construcciones en altura» (Vitruvio, II, VIII).
5. Se han encontrado numerosos ejemplos de paredes realizadas mediante la técnica del *opus craticium* en lujosas villas, las cuales se decoraron con suntuosos frescos. Existe un perjuicio muy común que tiende a relegar el entramado de madera al uso exclusivo para casas humildes. Sin embargo se han encontrado restos en todo tipo de viviendas, incluso en importantes edificios públicos.

Lista de referencias

Adam, Jean-Pierre. [1989] 1995. *La construction romaine*. Paris.

Arcelin, Patrice ; Buchsenschutz, Olivier. 1985. Les données de la protohistoire. En *Architectures de terre et de bois. L'habitat privé des provinces occidentales du monde romain. Antécédents et prolongements: Protohistoire, Moyen Age et quelques expériences contemporaines*. Actes du 2º congrès archéologique de Gaule méridionale, bajo la dirección de Jacques Lasfargues, 15-28. Paris: DAF

Baudoux, Juliette; Cantrelle, Sylvie. 2006. Les habitats gallo-romains en terre et en bois de la rue de la Mésange à Strasbourg : évolution d'un quartier situé sur le tracé de la ligne B du tramway. *Revue Archéologique de l'Est*, 55: 67-102.

Choisy, Auguste. [1873] 1999. *El Arte de Construir en Roma*. Madrid.

Clarke, J.R. 1991. *The Houses of Roman Italy*. Oxford.

Connoly, Peter. 1990. *Pompeii*. Oxford.

De Kind, R. 1998. *Houses in Herculaneum*. Amsterdam.

Fernández Vega, Pedro Ángel. 1999. *La casa romana*. Madrid.

Gros, Pierre. 2006. *L'Architecture Romaine, volumen 2: Maisons, Palais, Villas et Tombeaux*. Paris.

Laumain, Xavier. 2011. *El* opus craticium *romano, una técnica por investigar*, Trabajo de investigación en el marco del Curso de Doctorado en Patrimonio Arquitectónico: Historia, Composición y Estudios Gráficos. Tutor: Vicente García Ros, Universidad Politécnica de Valencia, sin editar.

Letenoux, Guy. 1980. *Architecture et vie traditionnelle en Normandie*. Paris.

Maiuri, Amedeo. 1963. *Pompéi, Herculanum et Stabies*. Novara.

Maiuri, Amedeo. 1968. *Herculaneum*. Roma.

Maldonado Ramos, Luis; Vela Cossío, Fernando. 1998. *De Arquitectura y Arquelogía*. Madrid.

Nickels, André; Barruol Guy. 1983. Languedoc Rousillon. *Galia*, 41-2; 515

Oliver, Paul. 1997. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge.

Pesez, Jean-Marie. 1985. La terre et le bois dans la construction médiévale. En *Architectures de terre et de bois. L'habitat privé des provinces occidentales du monde romain. Antécédents et prolongements : Protohistoire, Moyen Age et quelques expériences contemporaines*. Actes du 2º congrès archéologique de Gaule méridionale, bajo la dirección de Jacques Lasfargues, 159-68. Paris: DAF

Vitruvio Polión, Marco Lucio. 2008. *De Architectura. Introducción, traducción y notas de Francisco Manzanero Cano*. Madrid

Estudio del proceso constructivo documentado del colegio de Corpus Christi de Valencia

Carlos Lerma Elvira
Ángeles Mas Tomás
Mercedes Galiana Agulló

La presente ponencia se centra en el estudio y análisis del conjunto edificado del Colegio de Corpus Christi de Valencia, obra que cuenta con más de cuatrocientos años de historia. Hemos analizado en profundidad todos sus aspectos arquitectónicos y constructivos dilucidando cuál fue su proceso constructivo y facilitando la elaboración de un estudio gráfico de los gastos producidos durante su construcción. Se aporta una explicación coherente para algunas de las cuestiones que la construcción del edificio todavía planteaba sintetizándose en una hipótesis tridimensional de la secuencia constructiva. Este trabajo propone una metodología inédita que puede hacerse extensiva a otros estudios similares para el estudio de su proceso constructivo en base a la documentación original que se conserva.

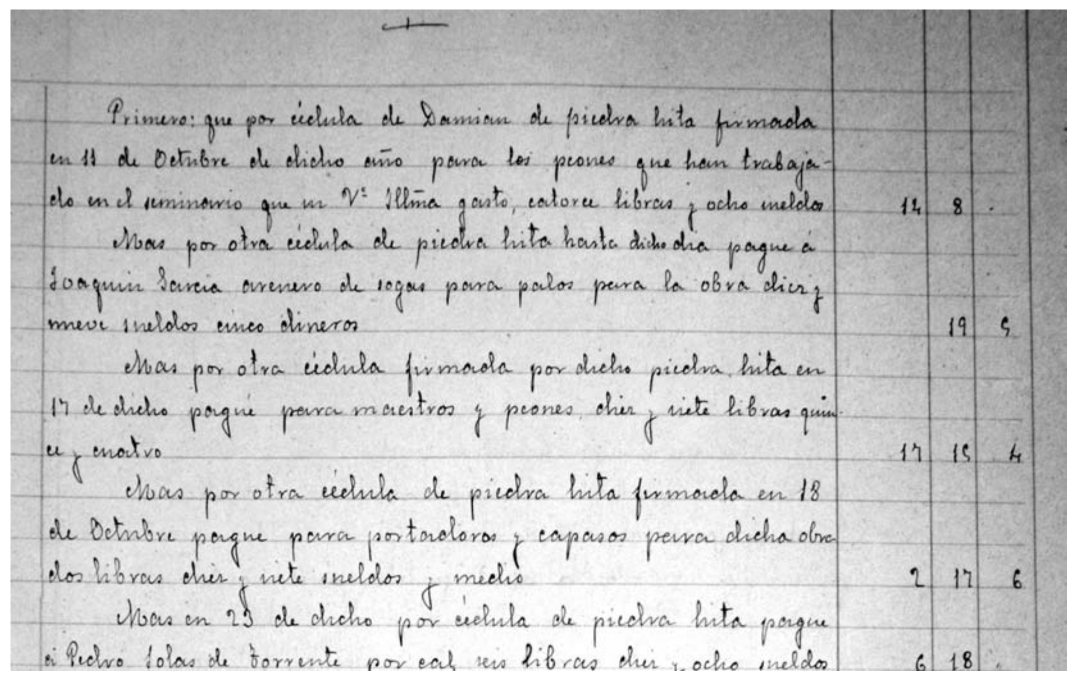
Introducción

El edificio que nos ocupa, el Colegio-Seminario de Corpus Christi de Valencia (España), y su construcción no se pueden entender de manera aislada sino enmarcados en su contexto histórico, social, político, religioso...

En la ciudad de Valencia, una de las personas más representativas del Renacimiento fue su obispo y patriarca de Antioquía, Juan de Ribera, quien decidirá construir un Colegio-Seminario cerca de la Universidad de Valencia con el objetivo de formar hombres dedicados y consagrados a celebrar los oficios propios de la iglesia. Ribera estuvo influenciado por la publicación de Carlos Borromeo *Instructionum Fabricae et Suppellectilis Ecclesiasticae,* en 1577. En Valencia se desarrolló plenamente un Renacimiento arquitectónico y fue en consonancia con el resto de la península aunque con algunas diferencias (Llopis 2002). En esta época era habitual construir gran cantidad de edificios religiosos, de hecho, en estos años 70 se construyeron hasta dieciocho iglesias de diferentes congregaciones religiosas. Isidoro Aliaga (Aliaga 1631) incrementará la uniformidad a nivel constructivo en el siglo XVII con su control eclesiástico sobre las fábricas religiosas uniformadas según las reglas de la Contrarreforma, que prosigue la realización del proyecto iniciado por su predecesor, Juan de Ribera.

Para proceder a la construcción del edificio fue necesario adquirir las casas y propiedades que se encontraban en la manzana donde hoy se sitúa el Colegio-Seminario. Dichas compras se prolongaron en el tiempo (entre 1580 y 1601), incluso después de iniciarse las obras en 1586. Se ha constatado que la secuencia de adquisición de estas casas influyó de manera decisiva en el proceso constructivo del edificio (Lerma 2010).

En el Archivo del Colegio de Corpus Christi se encuentra un libro llamado Libro de Construcción y Fábrica *o* Libro de los Gastos *(Anónimo 1892)* que recoge los gastos que generó la construcción de este singular edificio, que comenzó en 1586 y finalizó en 1610. En este artículo explicamos cómo debe anali-



Primero: que por cedula de Damian de piedra hita firmada
en 11 de Octubre de dicho año para los peones que han trabaja-
do en el seminario que su V.ª Illma gasto, catorce libras y ocho sueldos 14 8 .
Mas por otra cedula de piedra hita hasta dicho dia pague á
Joaquin Garcia arenero de sogas para palos para la obra diez y
nueve sueldos cinco dineros 19 5
Mas por otra cedula firmada por dicho piedra hita en
17 de dicho pague para maestros y peones diez y siete libras quin-
ce y cuatro 17 15 4
Mas por otra cedula de piedra hita firmada en 18
de Octubre pague para portadores y capasos para dicha obra
dos libras diez y siete sueldos y medio 2 17 6
Mas en 23 de dicho por cedula de piedra hita pague
á Pedro Solas de Torrente por cal seis libras diez y ocho sueldos 6 18 .

Figura 1
Libro de Construcción del Colegio. Vista general y detalle

zarse la documentación, las conclusiones que hemos extraído y su aplicación. Es interesante apuntar que la metodología del presente estudio se puede generalizar y aplicar a otros trabajos cuyos edificios sean de similares características, es decir, se trate de un edificio histórico y religioso donde se haya conservado parte de la documentación original.

Documentación

En el Archivo del Colegio del Patriarca se conserva el libro original donde se apuntaban los gastos derivados de la construcción del Colegio. A finales del siglo XIX se hizo una copia que es a la que hemos podido tener acceso. Dicho libro se titula Libro de Construcción y Fábrica y se redactó en el año 1892 (Fig. 1). Se trata de un libro de gran formato que consta de más de 800 páginas.

La estructura del libro intenta ser cronológica aunque hay partes en que se resumen todos los gastos pertenecientes a una partida específica; así, tenemos un memorial para el yeso, para ladrillo, jornales, reble, carreteros, cal, madera, así como unos resúmenes al final del libro.

La información que se recoge son los gastos, fechados y agrupados por meses y años según un orden cronológico no muy estricto. Se intenta citar al maestro que las cobraba y se sitúa el importe. Hemos realizado un vaciado de la información contenida en el libro y la hemos informatizado de tal forma que nos permita ordenar cronológicamente todas las partidas, sumar las cantidades y filtrar resultados con el objetivo de conseguir resultados escritos o gráficos que nos ayuden en el desarrollo de nuestro trabajo.

Hemos introducido la información de todos aquellos gastos que se han considerado de interés para el presente trabajo, descartando partidas que no tienen que ver con la construcción del Colegio. En total son 9616 ítems entre los años 1586 y 1610 cuyo valor asciende a 165 500,70 libras.

A modo de ejemplo, en la tabla 1 se muestran los primeros gastos ordenados cronológicamente.

Año	*Mes*	*Día*	*Material*	*Libras*	*Observaciones*
1586	10	11	Jornales	14,40	Piedra. Maestro Damian
1586	10	30	Piedra	0,00	Primera piedra
1586	10	31	Jornales	21,60	Cédula y jornales. Maestro Lloret
1586	10	31	Cal	6,40	Cédula de piedra hita cal a Jeronimo
1586	10	31	Yeso	4,50	Cédula de piedra de este día por yeso al maestro Joaquin Jillol
1587	1	10	Arena	3,85	A Juan Sarcia arenero
1587	1	3	Madera	8,70	A Vicente Sanchez carpintero

Tabla 1
Primeros registros del Libro de Construcción del Colegio en la hoja de cálculo

La figura 2 resume lo más detalladamente posible todos los gastos en la construcción del Colegio documentados por el Libro de Gastos y se muestran los gastos con periodicidad mensual.

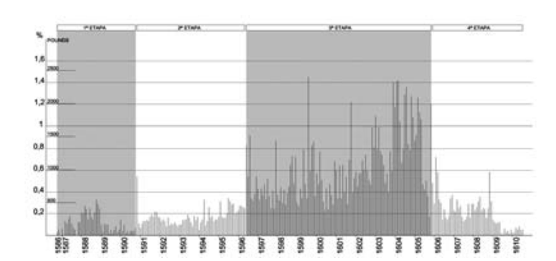


Figura 2
Gastos mensuales en la construcción del Colegio

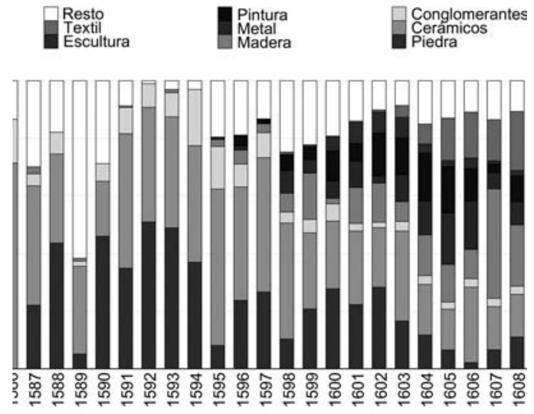


Figura 3
Gastos anuales según grupos constituyendo el 100% cada año

Con esta figura nos podemos hacer una buena idea de cómo se produjo el proceso de construcción del Colegio. Desde el inicio de la obra en octubre de 1586 los gastos se han ido incrementando hasta el año 1604, a partir del cual se produjo un descenso considerable.

Como puede apreciarse, hemos subdividido la gráfica en cuatro fases en función de la importancia de los gastos que se producen.

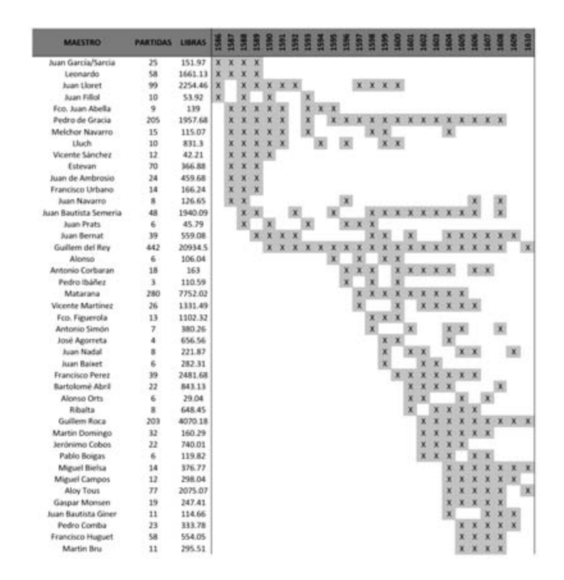
En la figura 3 hemos situado en color gris los materiales pertenecientes a la obra gruesa (piedra, cerámicos y conglomerantes) y en otros colores el resto para que visualmente se entienda mejor el gráfico. Los resultados constituyen el 100% en cada uno de los años.

En la figura 4 se muestran los maestros más destacados que trabajaron en el Colegio del Patriarca, ordenándose según la secuencia de aparición en las obras. En esta figura se indica el nombre del maestro, las partidas a su nombre que hemos encontrado en el Libro de Gastos, el importe de las mismas, y con una X se indican los años en que están fechadas.

ANÁLISIS

Adquisición de los terrenos

Desde el principio, el proceso de adquisición de casas es global en todo el ámbito del edificio, por lo



MAESTRO	PARTIDAS	LIBRAS	1586	1587	1588	1589	1590	1591	1592	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599	1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610
Juan Garcia/Sarcia	25	151.97	X	X	X	X																					
Leonardo	58	1661.13	X	X	X	X																					
Juan Lloret	99	2254.46	X		X	X	X	X	X					X	X	X	X										
Juan Fillol	10	53.92	X		X		X			X																	
Fco. Juan Abella	9	139		X	X	X	X	X		X	X	X															
Pedro de Gracia	205	1957.68		X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Melchor Navarro	15	115.07		X	X	X	X	X		X					X	X					X						
Lluch	10	831.3		X	X	X	X	X			X		X			X	X										
Vicente Sánchez	12	42.21		X	X	X	X																				
Estevan	70	366.88		X	X	X																					
Juan de Ambrosio	24	459.68		X	X	X																					
Francisco Urbano	14	166.24		X	X	X																					
Juan Navarro	8	126.65		X	X								X										X		X		
Juan Bautista Semeria	48	1940.09			X	X			X			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		
Juan Prats	6	45.79			X		X			X			X	X	X												
Juan Bernat	39	559.08				X	X	X	X						X	X		X			X	X	X	X	X	X	
Guillem del Rey	442	20934.5					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Alonso	6	106.04										X		X		X	X										
Antonio Corbaran	18	163											X	X	X		X	X	X	X	X		X	X			
Pedro Ibáñez	3	110.59											X		X		X										
Matarana	280	7752.02												X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Vicente Martinez	26	1331.49												X			X		X	X	X	X	X				
Fco. Figuerola	13	1102.32													X	X	X										
Antonio Simón	7	380.26													X			X			X	X			X		
José Agorreta	4	656.56														X	X				X						
Juan Nadal	8	221.87														X		X	X			X	X			X	
Juan Baixet	6	282.31														X			X	X							
Francisco Perez	39	2481.68															X	X	X	X	X	X	X				
Bartolomé Abril	22	843.13																X	X	X	X				X		
Alonso Orts	6	29.04																X	X			X		X			
Ribalta	8	648.45																X		X	X	X	X				
Guillem Roca	203	4070.18																	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Martin Domingo	32	160.29																	X	X	X	X	X	X			
Jerónimo Cobos	22	740.01																	X	X	X	X					
Pablo Boigas	6	119.82																	X	X	X		X	X			
Miguel Bielsa	14	376.77																			X	X	X	X	X	X	X
Miguel Campos	12	298.04																			X	X	X	X	X	X	
Aloy Tous	77	2075.07																			X	X	X	X	X		X
Gaspar Monsen	19	247.41																			X	X	X	X	X		
Juan Bautista Giner	11	114.66																			X			X	X	X	
Pedro Comba	23	333.78																				X	X	X	X	X	
Francisco Huguet	58	554.05																				X	X	X	X		
Martin Bru	11	295.51																				X	X	X	X		

Figura 4
Maestros destacados en la construcción del Colegio, por orden de aparición

que se conocía la extensión del conjunto (Anónimo 1600). No se comenzó a comprar terrenos y, posteriormente, se fue ampliando la parcela; este aspecto no se improvisó. En el momento en que se coloca la primera piedra, el 30 de octubre de 1586 el Patriarca aún no ha terminado de adquirir todos los solares de la manzana. Como el primer contrato formal data de 1590, hasta ahora se pensaba que la obra comenzó por la iglesia y terminó por la zona norte, de servicio, pero como veremos a continuación no ocurrió así.

Cimentación del conjunto y los primeros muros

Desde el año 1586 en que se coloca la primera piedra comenzará la obra del Colegio. Sabemos que la Iglesia, la capilla, el claustro, las celdas y la biblioteca se construyeron a partir de 1590 al estar documentado con los contratos correspondientes. Respecto a la zona de servicio del Colegio, no hemos encontrado ningún documento que acredite explícitamente su construcción ni a qué maestro de obra se le asignó. No obstante, entre 1586 y 1589 sí que hay registros de la obra que tienen que corresponder a esta zona de servicio aunque no se cite como tal. En cualquier caso, en este período de tiempo se procede a la ejecución de los cimientos de los muros perimetrales de la manzana.

Estas son algunas partidas relacionadas, según el Libro de Gastos del Colegio:

- A Pedro Bertomeu pedra-piquero: 6 reales de lo que se le debe de la piedra que asentó en las cantonadas (9/03/1587).
- A maestre Leonardo por trece carretadas piedra gruesa y asentada en la pared de la izquierda (13/02/1588).
- A maestro Leonardo por la cantonada de la cruz nueva (31/03/1588).

Los gastos relacionados con las cantonadas, según el Libro de Gastos del Colegio, son:

- Piedra de la cantonada que comenzaron Leonardo y Juan de Ambrosio a llenar todas las cantonadas que tomaron a estajo por 15 libras, se les dio la tercera parte (9/01/1588).
- Segunda paga de las cantonadas. Maestre Leonardo (26/01/1588).
- A maestro Leonardo por la cantonada de la cruz nueva (31/03/1588).

Por lo tanto, debieron comenzar la construcción de la cimentación de la cara norte y de sus dos cantonadas. Se continuaría con la tercera esquina, denominada la «cantonada fina», que debe de hacer referencia a la esquina noroeste, que es cóncava (en febrero de 1588). En marzo y en junio de 1588 se citan las cantonadas referentes a la calle de la Cruz Nueva (Oeste). Y, para finalizar, se nombra «el último canton» del Colegio (en octubre de 1588).

Como vemos, en cuestión de dos años se ejecutó la cimentación del perímetro del conjunto, lo que iba a ser las fachadas exteriores del mismo.

Inicio de la iglesia

El día 16 de julio de 1590 se firma el convenio entre D. Miguel de Espinosa, rector del Colegio de Corpus Christi y el cantero Guillem del Rey, «acerca de la Iglesia que dicho maestre Guillem Rey ha de hacer en dicho Colegio y Seminario» (Boronat 1904, 268). Tal y como estipula el contrato, se tenía que cons-

truir una iglesia con buenos materiales (piedra de Godella, revisada y aceptada por el arquitecto Gaspar Gregori) con unas dimensiones de 170 x 74 palmos,[2] siendo la nave central de 40 palmos de ancho y otros 17 palmos por cada lado del crucero.

En el Libro de Gastos del Colegio hallamos 319 gastos a Guillem del Rey a lo largo de toda la obra. El primer pago tuvo lugar el 01/03/1590.

Hasta finales del año 1594 fue recibiendo pagos mensuales por valor de 100 libras a cuenta de la obra de la Iglesia. Después, en 1596, recibirá más de 800 libras en concepto de atrasos: «A Guillem del Rey para poder acabar la obra de la Iglesia por 21 partidas contenidas en un borrador desde 21/02/1595» (2/06/1596).

El alzado de la nave central (Fig. 5) es de orden corintio con arcos de amplia embocadura en las capillas y radio tangente al entablamento. Por encima, aloja tribunas en cada capilla y se emplean bóvedas baídas de nervaduras en cruz para su cubrición, práctica constructiva local (Benito 1991, 30).

Tras una breve pausa en las obras de la Iglesia en 1595 se reanudan los trabajos con el objeto de colocar el pavimento con piedra de Ribarroja (Boronat 1904, 279) y construir las gradas. Es factible que, nuevamente, estuvieran pensando en modificar algún aspecto más o menos importante de la iglesia, tal y como reflejan las modificaciones que se realizaron en el crucero:

Siete carretadas para el remiendo del crucero (7/01/1595).

Cuatro carretadas de piedra para el otro brazo del crucero (27/05/1595).

Cabe la posibilidad de que sea en este momento en el que se reconstruye la pared de la fachada oeste que coincide con el crucero en su parte interior, pero que en el exterior sobresale del resto del plano de la fachada (Fig. 6). Este hecho corroboraría la hipótesis de que en un primer momento la iglesia no debía estar situada donde hoy en día se encuentra y al modificar su ubicación hubo que reconstruir algunos muros. deceso

Acerca del cimborrio o tambor encontramos los siguientes gastos en el Libro de Construcción del Colegio:

28 piezas de plomo para cubrir el cimborrio de la iglesia (30/06/1596).

A Guillem del Rey, una piedra y una bola para el cimborrio sobre la linterna (15/09/1596).

A Jeronimo Guerrero y Juan de Limani por pintar de blanco y azul a 3183 tejas para el cimborrio (31/12/1596).

La construcción de la cúpula del Colegio de Corpus Christi supone el inicio de una nueva etapa en la historia de este elemento arquitectónico. De media naranja, elevada sobre un tambor esbelto, apeado generalmente por los arcos torales del crucero, con extradós esférico y cubrición de teja curva vidriada (Soler 1996).

Guillem del Rey pavimentará la Iglesia entre finales de 1596 y mediados de 1598, según reflejan hasta once pagos al maestro en este período y construirá una serie de gradas en la Iglesia, tal y como especificaban las normas del Concilio de Trento.

A Guillem del Rey por piedra de los rellanos y gradas en la salida del altar mayor de la iglesia (15/12/1601).

A Guillem del Rey por acomodar las gradas de la capilla de San Mauro (17/04/1604).

En cuanto a las dimensiones de la iglesia, cabe destacar que los 170 palmos de longitud indicados en



Figura 5
Infografía de la sección longitudinal de la iglesia

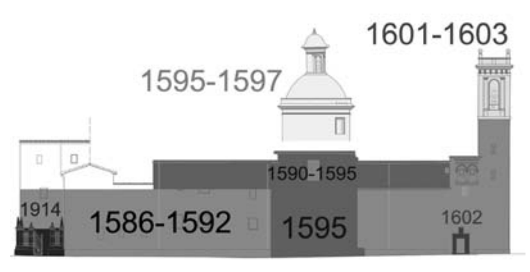


Figura 6
Fases de construcción de la fachada oeste

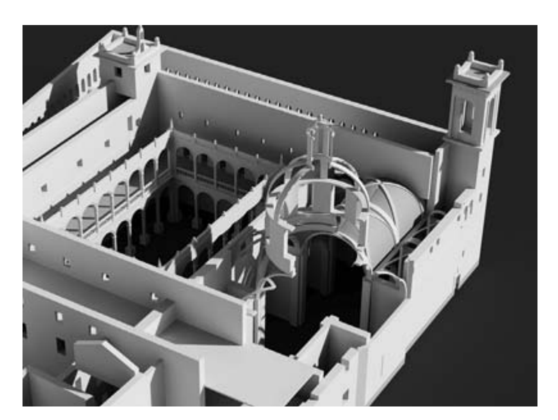


Figura 7
Infografía de la iglesia seccionada y vista desde el noroeste

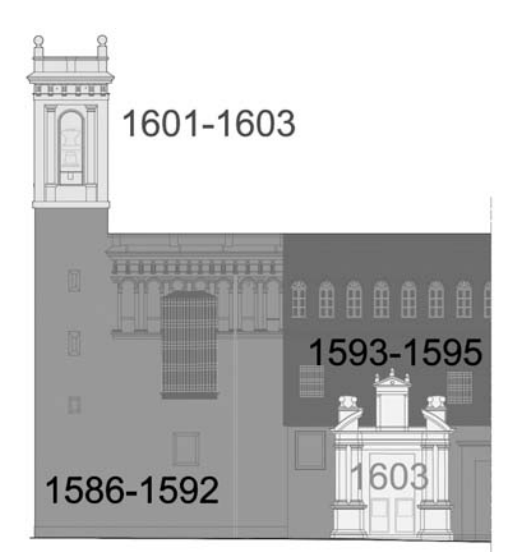


Figura 8
Fases de construcción de la fachada sur

el contrato no se adaptan correctamente al espacio real. Siendo la Iglesia una pieza fundamental del conjunto (Fig. 7), no cabe más que pensar que este es otro síntoma de que la situación original de la misma fue otra y que al intentar adaptar la planta de la iglesia al nuevo espacio tuvieron algunas dificultades.

Características de la fachada sur

De gran sencillez y austeridad en general, aunque en la parte alta muestra una galería de arquillos dóricos con acabado de ladrillo aplantillado y cortado con un entablamento de triglifos y metopas.

Pensamos que la fachada sur no se construyó de una sola vez (Fig. 8), sino que en un primer momento se encontraba levantada hasta una cierta altura y Miguel Rodrigo y Antonio Marona impusieron la cota actual.

Si analizamos el concierto de 1593 para la construcción de la fábrica del Colegio recayente a la calle de la Nave (Boronat 1904, 273) podemos extraer algunas conclusiones interesantes respecto a la posibilidad de un muro preexistente. En el primer apartado ya se impone la necesidad de derribar la parte alta de la pared que recae a la calle de la nave y la puerta principal, de tal forma que haya que volver a tapiar lo eliminado para construir la primera cubierta «se hayan de encajar los revoltones en la tapia que se hará nueva» (entendemos la cubierta del primer espacio, el primer forjado) de tal forma que el pavimento se enrase con el del coro. En otro ítem se define el espesor que ha de tener el muro: «las paredes se hayan de hacer del mismo espesor que hoy están».

Es decir, anterior al año 1593 ya existía parte de la fachada principal, que se tiene que derribar y volver a construir para adaptarse a la nueva cota impuesta por el coro que, por tanto, fue construido a posteriori que la fachada. Pensamos que ya existiría un muro construido pero de poca altura, lo necesario para construir una puerta y poder techar el espacio de forma provisional.

Al contratarse la iglesia con Guillem del Rey en 1590 se introdujeron algunas modificaciones como es el caso del coro. A esta incorporación se le sumaron nuevos cambios; a saber: el primer tramo de arquillos en la calle de la Nave se ciega y se abre un nuevo hueco rectangular de grandes dimensiones que iluminará el coro. El apartado XXII también dice que «la paret de la tapia sea de la misma manera y la que es de paredado que sea del mismo orden» (Boronat 1904, 278). Este apartado obliga a los maestros a ejecutar el nuevo tramo del muro de la misma manera, dimensiones y forma que el que ya existía y diferencia la pared hecha de tapial de la realizada en ladrillo visto con arquillos (que sea del mismo orden).

Viendo el alzado general de la fachada sur se remarca una gran grieta que se inicia en el antepecho de cubierta y desciende hasta el arranque el muro. En detalle podemos apreciar que los triglifos de la parte izquierda y los de la derecha no son exactamente iguales. Además, en el antepecho de cubierta, la parte de la derecha tiene tendeles más gruesos.

Se obliga a los maestros a reutilizar la tierra y medias de la pared derribada: «acabado el cuarto o antes hayan de derribar la pared de la calle y meter la tierra y medias dentro en el lugar que se les señalare o gastarlo en la misma obra y la paga de esto haya de ser en tres tercias como se acostumbra en los estajos».

En el Libro de Gastos del Colegio encontramos entre los años 1593 y 1595 una gran producción en el horno que trabaja para la obra. Así, de las partidas que tenemos detalladas, podemos extraer que se fabricaron más de 342300 ladrillos gordos, 18300 tableros, 34900 tejas, 30250 atobas y más de 280 libras en leña.

Construcción del claustro

El 26 de noviembre de 1599 Guillem del Rey firma el contrato (VV. AA. 1590) para ejecutar el claustro del Colegio de Corpus Christi según un diseño de Miguel de Espinosa que tendría que respetar.

La formalización definitiva del claustro está ligada a las columnas de mármol blanco de Génova que el Patriarca compró a la Duquesa de Pastrana en 1599 (Boronat 1904, 321), aunque en 1596 consta «que hizo venta, de palabra... de todas las columnas con sus basas y capiteles de mármol que se hallaren entonces así en la Ciudad de Alicante como en la Ciudad de Cartagena». No obstante, en junio de 1595 el maestre Alonso fue a ver las columnas. En 1597 hay pagos por el porte de algunas columnas desde Alicante, en barco:

A Miguel Salerno patrón de la barca por los monolitos de 8 basas y 8 capiteles de las columnas de mármol, 55 quintales (23/01/1597).

Tras la compra, el almacenaje y el transporte hasta Valencia, en agosto de 1599 se acaban de evaluar los daños para en el mes de noviembre Guillem del Rey comenzar las obras. El grueso de la misma se ejecutó entre 1599 y 1601 tal y como estipulaba el contrato (Boronat 1904, 319), aunque entre 1602 y 1603 se construyeron las bóvedas y también la balaustrada del piso superior. Posteriormente hay pagos en concepto del «claustro de arriba». En 1603 constan tres pagos para realizar el pavimento del claustro del colegio y otros tres para la realización de la fuente. A comienzos de 1604 se empieza a chapar con azulejos.

El claustro tiene una configuración rectangular (Fig. 9) de 8 vanos de largo por 5 de ancho, la cual se acerca a la proporción áurea. En el contrato de ejecución del claustro de 1599 parece que se tienen dudas acerca del diseño del mismo, pues constantemente se hace referencia a que puede ser modificada la traza.

En el contrato se le obliga a Guillem del Rey a realizar 26 arcos y 22 pedestales con las 4 esquinas, lo que nos hace pensar que ya manejaban esa dimensión de 8 × 5 vanos, pero no estaban convencidos o tenían miedo de que a la hora de construirlo faltaran o sobraran columnas. Tiene, además, dos alturas y se decidió emplear la superposición de órdenes de tal manera que el dórico se sitúa en la planta baja y el jónico en la superior. Para el orden dórico se requerían 30 de las 48 columnas grandes que se compraron; para el orden jónico se necesitaban también 30 de las 37 columnas pequeñas adquiridas. Se le obligó al maestre a comenzar por las cuatro esquinas para, a continuación, proceder con los arcos y columnas.

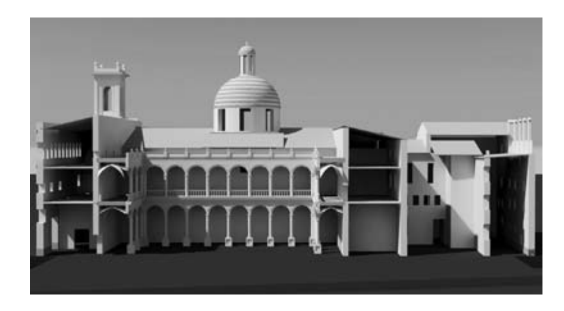


Figura 9
Infografía de la sección longitudinal del claustro

En el diseño del alzado, se fija el intercolumnio con la dimensión de las columnas jónicas «D», de tal forma que en la planta jónica una columna más el arco de medio punto es igual a 1,5 veces esta dimensión D. En la planta dórica, la altura total es 2 veces D, cubriéndose la altura restante con los pedestales (Llopis 2007).

Resultados

Del análisis de la documentación comentada en este artículo hemos elaborado un modelo tridimensional del Colegio-Seminario de Corpus Christi reflejando en la figura 10 un resumen de la evolución del proceso constructivo del Colegio.

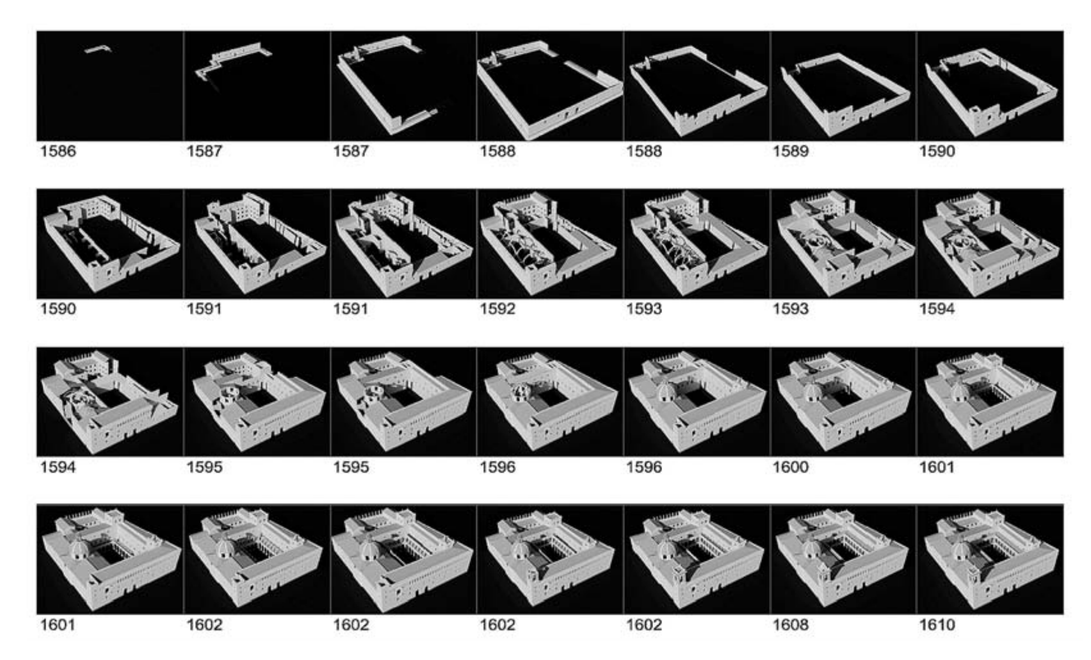


Figura 10
Hipótesis del proceso constructivo del Colegio

Mientras aún no se había terminado de comprar las parcelas de la manzana del Colegio, en 1586 comenzó la construcción del edificio desde la esquina noreste. En dirección hacia el oeste y luego hacia el sur (contraria a las agujas del reloj) se ejecutó la cimentación de los muros perimetrales de la manzana. Hasta 1589 se construiría también parte de estos muros. En 1590 está documentado el primer contrato que se conserva con el maestro Guillem del Rey para la construcción de la iglesia. Entre 1593 y 1595 los maestros Miguel Rodrigo y Antonio Marona construirán la parte superior de las fachadas sur y este. En este mismo año de 1595 están documentadas modificaciones en el crucero de la iglesia que responden al saliente de la fachada oeste. Entre 1595 y 1597 se construyó el tambor y la cúpula de la iglesia. Entre 1599 y 1604 se ejecutarán las distintas fases del claustro (columnas, arcos, bóvedas, azulejos...). Finalmente, en el último tercio del proceso disminuyeron los gastos de la obra gruesa y se incrementaron los gastos de los acabados (mobiliario, relicarios, textil, pinturas...). Entre 1602 y 1605 finalizó el último tramo de la torre campanario. Tras la inauguración oficial del edificio por parte del Rey Felipe III en 1604 decae el gasto hasta 1610 en que la configuración general del edificio adquiere la forma con que ha llegado hasta nuestros días.

Discusión

Queda patente en la figura 11 que entre 1586 y 1588 hay una actividad constructora importante, pero desde noviembre de 1588 desciende bruscamente el gasto hasta noviembre de 1590 en que se formaliza el primer contrato con Guillem del Rey para la Iglesia. Esto se puede interpretar como un período de espera

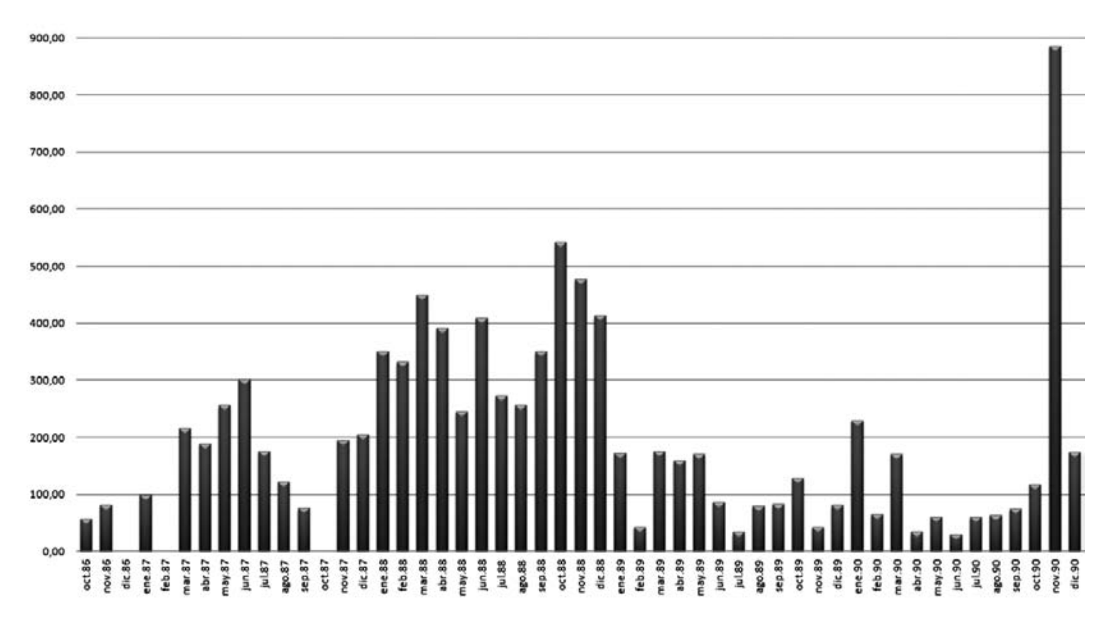


Figura 11
Gastos mensuales en la construcción del Colegio, en libras valencianas, entre 1586 y 1590

para reflexionar o modificar el proyecto, seguramente influidos por la publicación de Las Estampas de El Escorial.

En 1589, Herrera termina el Escorial y publica una serie de doce plantas, alzados y secciones del edificio. Se nombra cada estampa y la explica con letras y símbolos de referencia (Wilkinson-Zarner 1996, 55 y 114).

Si observamos el Colegio de Corpus Christi nos llama la atención algunos acabados compositivos y morfológicos porque resaltan sobre el contorno, debidos en general a una constante improvisación del proyecto de ejecución al no estar perfectamente definida la solución final y a que durante la misma construcción del edificio se tomaron decisiones que modificaban lo construido hasta ese momento. En este texto se propone una hipótesis compositiva del conjunto según la cual las partes más importantes del edificio podrían haberse situado en otro lugar y durante la obra haberse modificado dando lugar a ciertas incongruencias en la planta, en las fábricas o en los huecos del Colegio.

En la época era habitual realizar un modelo, por ejemplo en madera o unas trazas generales y otras para cada parte que se iba contratando (en el contrato para una parte del edificio, se especificaban unas condiciones generales de la obra, derechos y obligaciones del contratista/ejecutor y de la propiedad. Además se daban unas trazas acompañadas de capitulaciones que, seguramente, se emplearían en la propia obra, motivo por el cual no han llegado hasta nuestros días.), pero las cicatrices que observamos hoy en el Colegio del Patriarca no denotan solamente improvisación y modificaciones sobre el transcurso de la obra, sino más bien un cambio importante en las trazas, seguramente la modificación de la posición y dimensión de la iglesia. Tal y como la vemos en la planta actual no encajan bien las dimensiones que se citan en el contrato correspondiente, además de los arcos cegados en la fachada sur para posteriormente abrir el hueco de la ventana del coro. También se modificaron a posteriori los muros de cerramiento en el crucero.

No negamos la posibilidad de que desde el principio las trazas previeran la situación de la iglesia en el mismo lugar en el que hoy se encuentra, pero nos hemos planteado si existe la posibilidad de organizar los elementos del conjunto de otra forma, y tan solo existe una, la de la figura 12.

Es factible pensar que durante el año de 1589 ya se habían construido los muros significativos de la

zona de servicio y del perímetro del conjunto, faltando todavía los elementos más importantes: la iglesia, el claustro, la capilla y el zaguán que los articula. Si en ese momento se decide cambiar las trazas no se presentaban grandes inconvenientes porque esta zona está en su mayor parte por construir.

Es más, al construir la iglesia tal y como la conocemos, con el coro elevado a los pies de la iglesia, en 1593 se iniciarán los trabajos de la fachada sur advirtiendo que hay que derribar parte de la pared, modificar la cota del forjado para alinearlo a la del coro.

En la figura 12 podemos comparar la posición y el tamaño de los espacios más representativos en su situación actual y en la hipótesis que planteamos. A saber: el claustro, la iglesia, el zaguán y la capilla. De estos, solo el claustro pudo tener una dimensión menor a la actual; el resto son iguales.

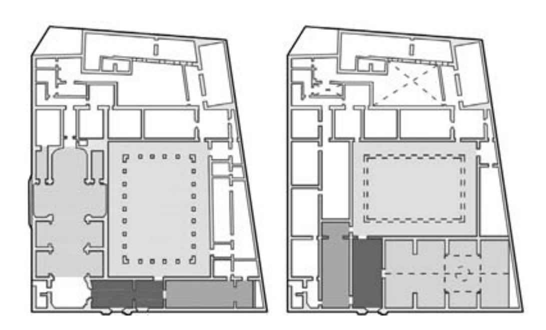


Figura 12
Comparación entre la Planta Actual y la Planta Hipotética de 1589

En el contrato de la fachada Sur y Este, de 1593, se hace referencia a una única puerta, la puerta principal: «la pared que cae a la parte del estudio y a la puerta principal». Además, la puerta que subdivide el zaguán es posterior (realizada en 1596), tal y como consta en el contrato con Guillem del Rey para la terminación de la iglesia del Colegio (Boronat 1904, 279).

Confirmado por una partida encontrada en el Libro de Gastos:

A Guillem del Rey 2000 reales castellanos para portada que ha de hacer en el Colegio en la puerta que esta frontera de la puerta de la Iglesia del Colegio y de solar la Iglesia y gradas (28/07/1596).

En la disposición alternativa, los elementos importantes: campanario, capilla, zaguán e iglesia dan a la fachada principal, la Sur, y es el claustro el que articularía el espacio con la zona del Colegio y de servicio. Lo que indicaría que los elementos principales se situarían junto a la Universidad y a la plaza y los espacios servidos se colocarían en la parte posterior. En la disposición actual de la planta, estos elementos están distribuidos entre las fachadas sur y oeste.

Conclusión

Tener la posibilidad de estudiar un edificio como el Colegio de Corpus Christi, con más de 400 años de historia y prácticamente en su estado original, es un aliciente en sí mismo. Pero además, es una de las pocas instituciones que conserva en su archivo valiosísimos documentos, algunos de los cuales hemos podido analizar y extraer información relevante para nuestra investigación. El presente trabajo se ha centrado en el estudio y análisis del conjunto edificado desde un punto de vista arquitectónico y constructivo.

La arquitectura de la Contrarreforma estuvo influenciada por la obra de Carlos Borromeo Instructiones Fabricae et Supellectilis Ecclesiasticae, publicada en 1577, seis años antes de la fundación del Colegio del Corpus Christi y nueve antes del comienzo de las obras.

Hemos realizado un tratamiento informático de los datos que se encuentran en el Libro de Construcción del Colegio, facilitando la elaboración de un estudio gráfico de los gastos, incluyendo los materiales de construcción empleados, autores, coste de la obra, etc. La información que se recoge del libro son las distintas partidas de obra, fechadas y agrupadas por meses y años. Hemos realizado un vaciado de la información contenida en el libro y la hemos informatizado de tal forma que nos ha permitido ordenar cronológicamente todas las partidas, sumar las cantidades y filtrar resultados con el objetivo de conseguir resultados escritos o gráficos que nos han ayudado en el desarrollo de este trabajo.

Podemos resaltar la figura 2 en que se muestran, con periodicidad mensual, todos los gastos generados en la obra, de tal forma que intuitivamente se puede entender cómo evolucionó la magnitud de la empresa llevada a cabo por el Patriarca. De una parte, conoce-

mos el intervalo de tiempo en el que se construyeron las distintas piezas del conjunto, como por ejemplo: la iglesia, la fachada sur, el claustro, el campanario, etc. De otra parte, sabemos cuál fue el gasto mensual, por lo que se puede establecer una relación entre esas piezas y el volumen de gasto relacionado.

Queda patente que entre los años 1586 y 1588 hay una actividad constructora importante (con gastos mensuales que llegan en algunos casos a sobrepasar las 500 libras valencianas), pero desde noviembre de 1588 desciende bruscamente el gasto hasta noviembre de 1590 en que se formaliza el primer contrato con Guillem del Rey para la Iglesia. Esto se puede interpretar como un período de espera para reflexionar o modificar el proyecto, seguramente influidos por la publicación de *Las Estampas de El Escorial*.

El Libro de los Gastos de la Construcción del edificio nos ha permitido establecer también la relación entre los distintos artistas o maestros, las obras que realizaron y el período histórico en que trabajaron para el Patriarca Ribera.

Este artículo aporta una explicación coherente para algunas de las incongruencias que la construcción del edificio todavía planteaba, como el resalto del crucero en la fachada oeste, la ventana del coro y su fábrica o la construcción de las distintas partes del edificio. Para ello, se ha formulado una hipótesis de trazas previas que se debieron rectificar y, por tanto, modificaron algunos aspectos importantes de la construcción del edificio. Las situamos temporalmente antes de la adquisición de los solares del ámbito del Colegio, en 1580. Consideramos al maestro Gaspar Gregori como posible autor de estas trazas, ya que en 1576 trabajaba para el Patriarca en la iglesia de Cocentaina. Se ha investigado qué sucedió entre el inicio de las obras a finales del año 1586 y el momento en que se formalizó el contrato de la Iglesia en 1590. En este sentido, es muy relevante el proceso constructivo que hemos podido documentar. Se ha atendido a la financiación de la obra, la adquisición de los terrenos, la cimentación del conjunto, los primeros muros, la iglesia, la fachada sur, las pinturas, las escaleras, el claustro, la torre-campanario y a los materiales.

Lista de referencias

Aliaga, I. 1631. *Advertencias para los edificios y fabricas de los Tenplos*. Valencia.

Anónimo.1600. *Libro de Compras de casas encorporadas en el Collegio y Seminario fundado por el Illustrisimo señor Don Juan de Ribera, Patriarcha y Arcobispo de Valencia*. Archivo del Colegio del Patriarca. Valencia. Valencia, ca.

Anónimo. 1892.*Libro de los Gastos del Colegio del Patriarca*. Copia del original. Archivo del Colegio del Patriarca. Valencia.

Benito Doménech, F. 1991. *Real Colegio y Museo del Patriarca*. Valencia.

Boronat i Barrachina, P. 1904. *El B. Juan de Ribera y el R. Colegio de Corpus Christi, estudio histórico*. Valencia.

Cabrera de Córdoba, L. 1857. *Relaciones de las cosas sucedidas en la Corte de España desde 1599 a 1614*. Madrid.

Lerma, C. 2010. *Análisis histórico, morfológico y constructivo del Colegio de Corpus Christi de Valencia.* Trabajo Final de Máster. Tutor: Mas Tomás, Ángeles.

Llopis Verdú, J. 2002. «Gaspar Gregori y la introducción de la metodología proyectual renacentista en Valencia». *Revista EGA* 7: 48-51.

Llopis Verdú, J. 2007. «El claustro del colegio de Corpus Christi de Valencia. Análisis formal y compositivo». *Archivo Español de Arte* 80, 317 (enero-marzo): 45-65.

Soler Verdú, R. 1996. «Cúpulas en la arquitectura valenciana de los siglos XVI a XVIII». *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid.

Vizcaíno Martí, Mª E. 1999. *Azulejería Barroca Valenciana*. Valencia.

VVAA. 1590. *Concierto entre D. Miguel de Espinosa y Guillem del Rey para la construcción de la Iglesia del Colegio*.

Wilkinson-Zarner, C. 1996. *Juan de Herrera: arquitecto de Felipe II*. Madrid.

La construcción de la fachada en los bloques de vivienda colectiva del Desarrollismo (1960-75) en Gipuzkoa: una herencia muy cara

Iñigo Lizundia Uranga

Este artículo sintetiza la parte dedicada a la conformación de la fachada de la Tesis Doctoral, en fase de redacción, sobre la construcción de la arquitectura residencial en Gipuzkoa durante la época del *desarrollismo* (1960-1975) y algunas de sus principales conclusiones.[1]

Durante la década de los sesenta y primeros setenta, Gipuzkoa experimenta el mayor crecimiento demográfico de su historia y este aumento de la población irá asociado a una radical transformación urbanística y social de los principales municipios de este territorio, condicionando de forma determinante el carácter y configuración futura de los mismos en todos los aspectos. La revolución demográfica que se va a producir durante esos años, cuyas causas fundamentales hay que situarlas en la elevada tasa de crecimiento natural y la inmigración, tendrá su primer y lógico reflejo en un aumento espectacular de la demanda de vivienda que se traducirá en un auténtico *boom* urbanístico.

Los edificios de vivienda colectiva construidos durante este periodo conforman el porcentaje más alto del total del parque residencial edificado en los principales municipios guipuzcoanos. Algunos de ellos ya han cumplido los cincuenta años y todos ellos han experimentado, están experimentando o experimentarán procesos de reforma y rehabilitación de diversa índole que afectarán principalmente a los elementos constructivos que conforman sus respectivas envolventes. Conocer cómo se produjo el proceso de construcción de uno de los componentes fundamentales de dicha envolvente, como es la fachada, y su comportamiento en el tiempo adquiere, por lo tanto, especial importancia.

La tipología de fachada

La fachada sufrirá una lógica evolución a lo largo de los quince años que durará el periodo desarrollista. Los cambios, que en ningún caso serán radicales ni supondrán un antes y un después en la historia de la construcción de esta parte del edificio, afectarán principalmente a los revestimientos de acabado de su cara exterior mientras que su tipología (composición, orden, dimensión y función de sus diferentes capas) se mantendrá prácticamente inalterable.

El escaso desarrollo tecnológico del país, la falta de investigación e información sobre nuevos productos, una normativa que apenas condicionará las posibles soluciones y una mano de obra acomodada a la utilización de materiales y sistemas sencillos, bien conocidos y avalados por la experiencia, harán que los cambios que se vayan introduciendo sean pausados y progresivos.

Para esta época, el muro de fachada habrá conseguido desembarazarse de toda misión estructural y su función se limitará al de mero cerramiento. Entre los casos analizados sólo se ha encontrado uno en el que el cierre exterior participe en el sistema estructural del edificio.[2] Bajo esta premisa, la solución de facha-

da que, prácticamente sin excepción, se utilizará durante todo el periodo desarrollista será la formada por una doble hoja de fábrica de ladrillo apoyada sobre el borde perimetral del forjado en cada planta y cámara de aire intercalada. Una solución que, a pesar de su corta existencia y con el supuesto objetivo de diferenciarla de las soluciones más novedosas, llega hasta nuestros días con la consideración de *fachada tradicional* y que, con algunos cambios, sigue utilizándose a día de hoy en la mayoría de edificios de nueva construcción.

La constitución de las hojas

El elemento soporte se compone de una doble hoja de fábrica de ladrillo con cámara de aire. Al igual que ocurre con el resto de elementos constructivos, la información que aporta la memoria de los proyectos originales es mínima, con expresiones tan vagas como *cerramientos cerámicos*, *material cerámico* o *muros cerámicos de ladrillo*, siendo en el presupuesto donde las especificaciones sobre el tipo de fábrica comienzan a ser algo más detalladas. Los planos de proyecto sí que aportan, aunque no en todos los casos, algunos datos más sobre aspectos dimensionales y de colocación. Los detalles constructivos, pese a no ser exhaustivos ni en número ni en contenido, incluyen normalmente una esquemática sección por fachada.

La mayor parte del ladrillo ordinario utilizado en la época provendrá de una serie de tejerías y fábricas situadas en diferentes localidades de la provincia de Gipuzkoa como Ormaiztegi, Andoain, Irun, Donostia, Hernani, Arrona, Zaldibia, Zumarraga o Zarautz. Una de las fábricas de mayor producción será *Tejas y ladrillos del Oria S.A.*, empresa fundada en Andoain a principios de los años cuarenta por Andrés Tellería, nieto de otro Andrés Tellería, personaje este último que introdujo por primera vez la mecanización en una antigua tejería de Ormaiztegi a principios del siglo XX.

En una primera época donde las dimensiones de los ladrillos no estaban todavía normalizadas, éstas variaban según el fabricante. El ladrillo doble de seis huecos fabricado en Andoain, por ejemplo, medía 25 × 12 × 9 cm, el ladrillo sencillo de cuatro huecos 30 × 15 × 4,5 cm y la rasilla de tres huecos 25 × 12 × 3 cm.[3]

La hoja interior

En el 90% de los casos analizados, la hoja en contacto con el espacio interior se resuelve mediante un tabique de fábrica de ladrillo hueco sencillo (LHS). A medida que avanzan los años y sobre todo en los edificios con un mayor nivel constructivo comienza a utilizarse también el ladrillo hueco doble (LHD) colocado, en todos los casos, *a tabicón*, es decir, apoyado sobre el canto de la pieza. Es muy habitual encontrar en el texto de los proyectos la expresión *tabique tambor* para referirse a esta hoja interior situada tras la cámara de aire. El acabado interior de esta hoja se realiza mediante un lucido y/o guarnecido de yeso.

La cámara de aire

En los 8 casos en los que su dimensión aparece reflejada en la documentación escrita del proyecto, la anchura varía entre 5 cm y 11 cm. No resulta fácil obtener este dato de la información gráfica, ya que la escala y resolución de los detalles de la sección constructiva de la fachada, en caso de que exista, no lo permiten. Llama la atención que, a pesar de las dimensiones proyectadas, en los cuatro casos en los que mediante catas se ha podido tener acceso a la cámara de aire, la anchura de ésta ha superado siempre los 11 cm, llegando incluso en uno de los casos hasta los 20 cm.

Los aspectos relativos al ahorro energético y la protección frente al ruido apenas se tendrán en consideración a la hora de diseñar la envolvente del edificio, actitud sustentada en una prácticamente total falta de exigencia normativa y social. Prueba de ello es que, entre los analizados, sólo se ha encontrado un caso en el que la fachada incluya entre sus capas un material aislante específico. Se trata de un edificio proyectado en 1971 en cuya cámara de aire se introduce una placa de poliestireno expandido (denominado *Porexpan* en el proyecto original) de 40 mm de espesor, sin que se aclare si obedece a cuestiones térmicas o acústicas.

La normativa térmica vigente a principios de los setenta se limita a un simple artículo de las *Ordenanzas provisionales de Viviendas de Protección Oficial,* aprobadas por Orden Ministerial de 29 de mayo de 1969 en el que se limita la conductibilidad de los elementos de la envolvente sin especificar las solucio-

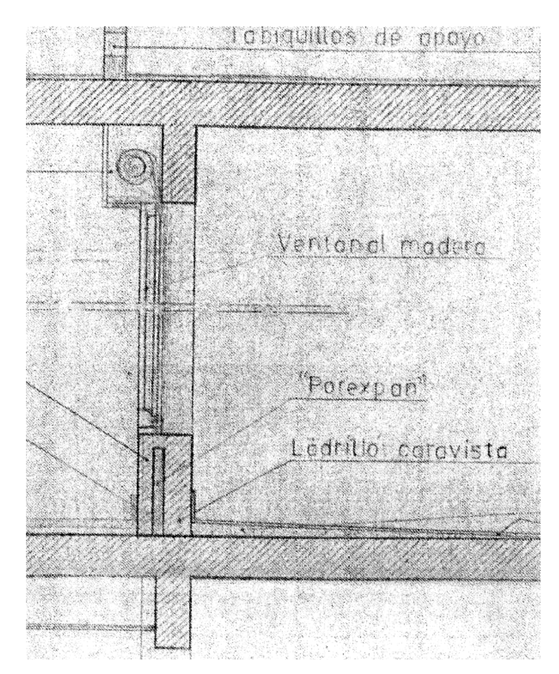


Figura 1
Uno de los primeros ejemplos en los que se incluye un material aislante en la cámara de aire de la fachada. Edificio de 8 viviendas en c/ Mitxelena, 57 de Zarautz, proyectado por Armando Roca. (detalle extraído del proyecto original)

nes constructivas aplicables para su cumplimiento. Debido a ello, la utilización de materiales aislantes con función térmica durante toda la época desarrollista, al menos en la provincia de Gipuzkoa, será prácticamente nula hasta que la crisis energética de 1973 ponga sobre la mesa, esta vez de forma seria, la cuestión del ahorro energético y se apruebe, seis años más tarde, la primera norma térmica de obligado cumplimiento, la NBE-CT-79. La normativa acústica tampoco estará muy desarrollada, limitándose a unas sencillas normas aprobadas en 1961 y unas propuestas, algo más elaboradas, planteadas por el Jefe del Departamento de Construcciones del Instituto Nacional de la Vivienda, José Fonseca, en el marco del Seminario de Viviendas organizado por el Ministerio de la Vivienda y celebrado en Madrid en junio de 1964. Es posible que en otras regiones del estado el uso de materiales aislantes estuviera más consolidado ya que llama la atención que la comercialización de productos aislantes, denominados *termo-acústicos* por los propios fabricantes, se remonte al inicio de la década de los sesenta, siendo incluso algunos de los productos más publicitados en revistas técnicas como *Informes de la Construcción* del Instituto Eduardo Torroja.

La hoja exterior

En el 25% de los casos analizados, la hoja exterior se resuelve con fábrica de ladrillo caravista colocado *a media asta* o *soga*, es decir, apoyado sobre la tabla con el espesor del tizón, en el 20% con fábrica de LHD colocado a media asta y en el 31% con LHD colocado a tabicón. A modo de excepción, hay que señalar que en un caso el LHD aparece colocado a

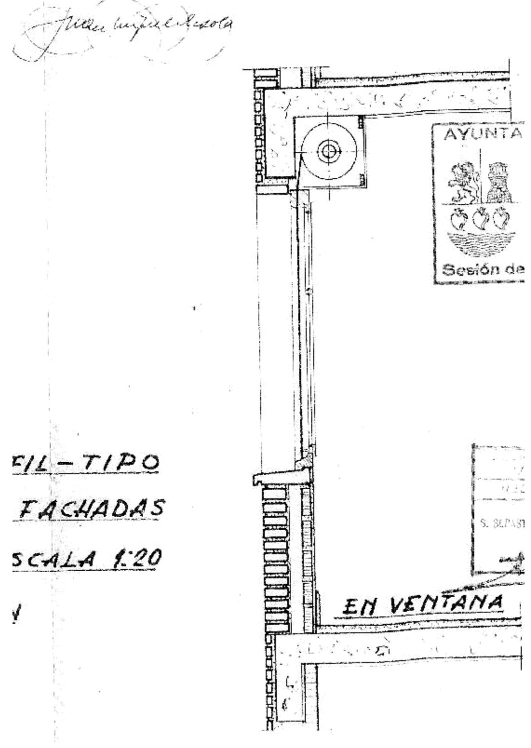


Figura 2
Detalle de fachada en el que se observa cómo la hoja exterior vuela respecto al frente estructural y se forra éste último mediante plaqueta. Edificio de 30 viviendas en c/ Mitxelena, 33 de Zarautz, proyectado por Juan Miguel Elorza en 1974. (detalle extraído del proyecto original)

asta entera, que en otro de los ejemplos analizados el ladrillo colocado a media asta es macizo y que en el singular caso de la Torre de Atotxa la hoja exterior se compone de módulos prefabricados de hormigón armado.[4] Del resto de proyectos no se ha podido extraer ninguna información sobre este elemento constructivo.

La primera hilada apoya siempre sobre el borde de cada forjado y, en la mayor parte de los casos, el ladrillo vuela alrededor de un tercio de su anchura respecto al plano vertical exterior del frente estructural. De esta manera, los pilares, vigas y cantos de forjado pueden ser revestidos mediante piezas de menor espesor, en torno a los 3 cm, igualando el plano de fachada y dando continuidad a la misma. En las fachadas de ladrillo caravista, esta pieza se obtiene normalmente de la rotura, en la misma obra, de la parte exterior de un ladrillo. En las fachadas con revestimiento, tanto continuo como chapado, es habitual la colocación de ladrillos de rasilla para forrar dichos elementos.

En los pocos casos en los que la hoja exterior queda enrasada con el frente de forjado, el hormigón del zuncho perimetral queda normalmente visto para evitar el riesgo de fisuración horizontal existente en el punto de unión entre la fabrica y el hormigón en el caso de que se aplicara un revestimiento continuo. Se ha encontrado un ejemplo de la fase final del periodo en el que, con el fin de absorber las tracciones que se producen en ese delicado punto, se propone la colocación de una malla de PVC bajo el enfoscado.[5]

A partir de mediados de la década de los sesenta resulta bastante habitual aplicar un enfoscado de mortero de cemento en la cara interior de la hoja exterior, la que mira a la cámara de aire, con el fin de evitar el paso de humedad hacia el interior. Esta solución aparece en la práctica totalidad de los casos en los que la hoja exterior se levanta mediante ladrillo caravista. Algunos de los términos utilizados en los proyectos para referirse a esta solución son *guarnecido a pasarregla, zarpeo, raseo* o, simplemente, *impermeabilización.* En ocasiones, se especifica que el mortero de cemento será hidrófugo y en tres de los casos se aplica, además, un producto impermeabilizante de tipo asfáltico. Los arquitectos entrevistados para el presente trabajo coinciden en que era la más sencilla y efectiva solución para evitar la entrada de agua al interior de la cámara a través de las fábricas de ladrillo caravista, desprovistas de cualquier revestimiento impermeable adicional por el exterior. Pese a que la causa era evitar la humedad por filtración, en la memoria de algún proyecto se puede leer que «se realizará un guarnecido por el interior de la hoja exterior para evitar condensaciones», sin que se explique cómo podría la solución planteada evitar el paso de la posible humedad generada por condensación en la propia cámara al interior de la vivienda.

La impermeabilización de la base de la cámara de aire comienza a realizarse en la última parte del periodo, avanzada la década de los setenta. En cualquier caso, se han encontrado muy pocos casos en los que la solución quede planteada desde proyecto. Consistía en una media caña realizada mediante mortero en la base de la cámara contra la primera hilada de la hoja interior, que se impermeabilizaba mediante láminas asfálticas o láminas de cloruro de polivinilo que se elevaban, como mínimo, hasta la segunda hilada del tabique interior. De este modo se evitaba que la humedad, bien de filtración, bien de condensación, depositada en la base afectara al tabique interior. En algunos ejemplos de ladrillo caravista se llegan a plantear, además, una serie de aberturas regularmente repartidas a lo largo de la primera hilada de la hoja exterior, mediante llagas desprovistas de mortero, con objeto de conseguir una mínima aireación de la cámara para reducir el riesgo de condensaciones. Realmente, esta solución no ha sido nunca muy utilizada en el caso de Gipuzkoa, caracterizado por un clima lluvioso, debido al riesgo de filtración existente a través de estas aberturas.

El acabado exterior

Los acabados de fachada pueden englobarse en tres grandes grupos: revestimientos continuos sobre enfoscado de mortero, revestimientos adheridos y ladrillo caravista.

Revestimientos continuos

Es una de las soluciones más recurrente durante los primeros años de la década de los sesenta, continuando la tipología predominante en la década anterior. La práctica ausencia de fabricantes de otro tipo de materiales para revestir en la provincia y una red co-

mercial para introducir productos externos todavía sin desarrollar serán las causantes de que los revestimientos continuos se impongan en esos primeros años. En el conjunto del periodo, su utilización como solución única alcanza el 39% de los casos analizados. En otro 21% aparece combinada con revestimientos adheridos, tanto cerámicos como pétreos.

El acabado final se aplica sobre un enfoscado de mortero de cemento previo. El tipo de enfoscado queda descrito en proyecto según diferentes términos relacionados con la técnica de aplicación: *enfoscado, talochado, raseado, fratasado, planeado*, etc. La dosificación queda prescrita en muy pocas ocasiones y siempre en el documento de presupuesto. En algunos casos, se prescribe un mortero de cemento hidrófugo.

Salvo unos pocos ejemplos en los que se habla de un *revoco a la tirolesa,* en todos los demás casos el tratamiento final consiste en algún tipo de pintura. En los proyectos no aparecen datos sobre las características técnicas de las mismas, salvo la aparición ocasional de términos como *a la cal, hidrófuga, silicatada o puzolánica.* En cambio, sí que resulta muy habitual la mención al nombre comercial de la pintura, siendo los más citados *Granulite, Feb Revetón, Dorvilen, Extolite* o *Spectrol.* A principios de los setenta empiezan a aparecer los primeros ejemplos de aplicaciones de morteros monocapa. En todos estos casos, el acabado final será rugoso debido al empleo de gránulos pétreos aglomerados con resinas sintéticas, quedando descritos en proyecto con términos tales como *triturado de mármol, grano de mármol* o *grava de mármol*.

Revestimientos adheridos

El acabado a base de revestimientos cerámicos, pétreos o vítreos adheridos es también muy utilizado durante estos años. Como solución principal para el conjunto de la fachada aparece en el 15% de los casos analizados aunque si se añade el número de veces que aparece combinada con otro tipo de acabados el porcentaje se eleva hasta el 36%.

Los materiales empleados son muy diversos. Los más habituales son las piezas de gres (en forma de baldosas, plaquetas y mosaicos) y las ladrilletas cerámicas, unas piezas de pequeño espesor que imitan exteriormente el formato del ladrillo caravista. Aunque utilizadas durante todo el periodo, su uso empieza a imponerse a partir de mediados de los años sesenta cuando las empresas fabricantes instaladas en regiones de fuerte tradición cerámica, como el Levante o Castilla, consolidan sus redes comerciales en el País Vasco. Aunque en menor medida, los mosaicos vidriados (que con el paso del tiempo adquirirán de forma genérica y coloquial el nombre de una de las marcas más conocidas, el *gresite*), las baldosas hidráulicas, las placas de piedra natural y de piedra artificial serán otros materiales utilizados también como revestimiento exterior. Los chapados de piedra natural o artificial, concretamente, se convertirán en un recurso muy utilizado a la hora de resolver los revestimientos de los cierres a nivel de planta baja. Hay que significar que en muchos proyectos el tipo de material no queda definido y que en muchos otros se utilizan términos genéricos que difieren de la solución finalmente ejecutada, hecho bastante habitual en la época.

Las dimensiones también varían según el tipo de material. En cualquier caso, los formatos serán bastante reducidos ya que el grado de adherencia de los morteros de agarre utilizados en la época no era muy elevado, siendo el de la adherencia uno de los temas que más va a preocupar a los constructores de la época.[6] En el caso de los revestimientos pétreos era habitual la utilización de grapas o alambres metálicos para fortalecer la unión.

Ladrillo caravista

La fachada de ladrillo caravista comienza a utilizarse en Gipuzkoa a mediados de la los años sesenta aunque será en la década de los setenta cuando adquiera verdadero protagonismo. El porcentaje de edificios revestidos en su práctica totalidad con ladrillo caravista durante el conjunto del periodo alcanza el 25% del total de casos analizados. En algunos casos más, se combina con otro tipo de materiales como la pintura en algunos paños o el hormigón visto *picado* o *abujardado* en determinados elementos estructurales vistos de la fachada. El hecho de poder resolver tanto el soporte como el acabado de la hoja exterior mediante un único producto supondrá una auténtica novedad, tanto en el proceso de construcción de la fachada como en las posibilidades de diseño y composición de la misma, adquiriendo gran aceptación por parte de proyectistas y constructores.

Las tejerías instaladas en la provincia no elaboraban este tipo de ladrillo y, por lo tanto, era necesario traerlo de Tudela, Albacete o Madrid. Hacia 1970 y ante el fuerte incremento de la demanda, la empresa *Tejas y ladrillos del Oria S.A.* de Andoain decide comenzar a fabricarlo. La ausencia de una arcilla de suficiente calidad en el entorno próximo impedía la elaboración de un ladrillo de acabado fino y el resultante de las primeras pruebas presentaba una terminación vasta y desigual. La empresa, decidida a continuar con el proyecto, afronta este contratiempo explotando, precisamente, el hecho de la irregularidad de su acabado. Lo comercializa con la denominación de ladrillo *rústico* y sus esfuerzos se centran en convencer a técnicos y promotores de la originalidad que aporta respecto al habitual ladrillo caravista liso traído desde fuera. Y se puede decir que lo consigue ya que muchos de los edificios construidos, sobre todo en el entorno de Donostia, se revestirán con este tipo de ladrillo. En la segunda mitad de los años setenta, una vez concluido el periodo desarrollista, esta misma empresa realizará las primeras pruebas de fabricación de ladrillo caravista coloreado de forma totalmente artesanal.[7]

En los proyectos analizados, salvo las prescripciones genéricas reflejadas en los Pliegos de Condiciones Generales, apenas existen referencias sobre las características exigibles al ladrillo caravista, al mortero de junta o al control de puesta en obra. El espesor de la fábrica, en todos los casos, será de *media asta* y se utilizará el *aparejo a sogas.* Por su parte, sólo en dos de los casos se han encontrado referencias expresas a la dimensión y profundidad de las juntas verticales (llagas) y horizontales (tendeles). En uno de ellos se habla de 6 mm de profundidad en la llaga mientras que en el otro caso la dimensión, tanto de la llaga como del tendel, se plantea de 15 mm. En la observación in situ de los edificios se ha constatado que, en su gran mayoría, las juntas verticales y horizontales originales presentan un considerable rehundido, en torno a los 10 mm de media, conformando uno de los rasgos característicos de la puesta en obra de la época.

El hueco de fachada

La principal información sobre la forma de construcción de los dinteles, mochetas y alféizares de los huecos de fachada se obtiene del análisis in situ de los elementos visibles en los edificios construidos ya que los diferentes documentos contenidos en los proyectos de la época apenas aportan datos.

Las soluciones de conformación del dintel serán varias. Una de las más recurrentes consistirá en resolver el cabezal de la hoja exterior mediante el descuelgue de la viga de canto situada en el borde de fachada evitando la colocación de una pieza específica a modo de dintel y el necesario levante de unas pocas hiladas de ladrillo para cerrar el paño restante. Finalmente, la viga de canto y el resto de frentes estructurales se revestirán mediante un aplacado similar al del resto de la fachada con objeto de que no queden identificados o se dejarán vistos o raseados y pintados. En el caso de la hoja interior, la persiana, cuando exista, resolverá el tramo existente entre la parte superior de

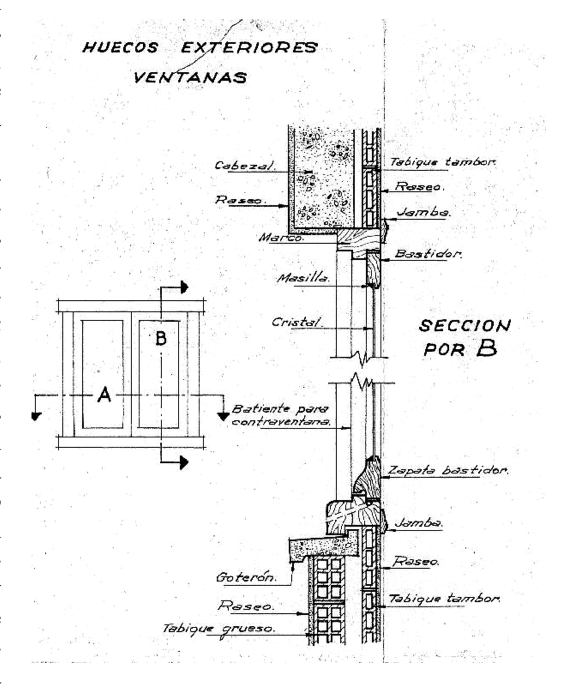


Figura 3
Detalle de ventana en sección vertical en la que se observa cómo la viga de canto hace las funciones de dintel de la hoja exterior mientras que el tabique interior apoya directamente sobre la carpintería de madera. Edificio de 32 viviendas situado en la calle Indamendi, 7 del municipio de Zarautz, proyectado por Juan Mª Aguirre en 1968. (detalle extraído del proyecto original)

la carpintería y el forjado superior. Si el hueco no lleva persiana, el tramo superior se cierra mediante una fábrica de LHS apoyada directamente sobre el perfil superior de la carpintería de la ventana.

Al menos en cuatro de los proyectos se prescriben dinteles prefabricados armados tipo *Stalton* (nombre comercial que aparece como tal en los proyectos) para ser revestidos. Es habitual que en el caso de fachadas de ladrillo caravista se utilice también una pieza de esquina, en forma de L y colocada *a sardinel* (de forma vertical), como revestimiento de los dinteles, tanto prefabricados como realizados in situ. Otra forma de conformar el cabezal, con un planteamiento constructivo muy discutible, será mediante la inserción directa de barras de armadura en la junta de mortero del primer tendel del tramo de fábrica situado sobre el hueco. Para finalizar, comentar que sólo en uno de los casos se utiliza un perfil angular metálico como dintel.

En cuanto a los alféizares o vierteaguas, la información reflejada en proyecto es también bastante escasa aunque, al ser un elemento visible, es posible obtenerla de la observación directa del elemento construido. Los más utilizados son los de hormigón prefabricado y piedra artificial. Normalmente se colocan apoyados sobre las dos hojas de fábrica de ladrillo aunque también pueden descansar sobre un ladrillo de rasilla colocado a modo de tapa de la cámara. En dos de los ejemplos analizados, esta rasilla se impermeabiliza mediante una tela asfáltica. Llama la atención que la mayoría de las veces el alfeizar prefabricado atraviesa todo el espesor de la fachada quedando su testero interior enrasado con el plano del tabique, montando la carpintería sobre el mismo sin ningún tipo de premarco. Otras formas de resolver el alféizar son mediante el forrado con plaquetas cerámicas o mediante piezas de ladrillo caravista colocados *a sardinel.*

En la configuración de ventanas y puertas balconeras se impone de forma abrumadora la carpintería de madera, principalmente la de pino, que puede presentar un acabado pintado o barnizado. A partir de los setenta comienza a aparecer la carpintería de aluminio de perfil sencillo. La carpintería exterior es uno de los elementos constructivos que más se detalla gráficamente en los proyectos, incluso a escala 1:1, ya que su fabricación se realizará de forma particularizada. Los vidrios comienzan siendo sencillos aunque con el paso del tiempo acaban siendo mayoritarios los vidrios de doble hoja.

Otros elementos: vuelos y celosías

La estructura de los elementos en vuelo, como balcones y aleros, se resuelve mediante losas y forjados aligerados de hormigón armado de un espesor que oscila, de media, entre 10 cm y 15 cm y en cuya parte inferior se genera un goterón. El acabado habitual de los suelos de balcón se realiza con baldosa cerámica, normalmente *baldosín catalán*, colocada sobre una ligera pendiente. En 21 de los casos analizados aparece una membrana impermeabilizante bajo el acabado. Para ello se utiliza, según terminología de proyecto, el *papel embreado* (dos capas de papel con una de alquitrán intercalada) o láminas asfálticas que se prescriben mediante su nombre comercial, como *Novanol* o *Asfaltex.* Los frentes estructurales de los vuelos quedan vistos o se revisten con plaquetas cerámicas. En cuanto a las defensas, las soluciones más

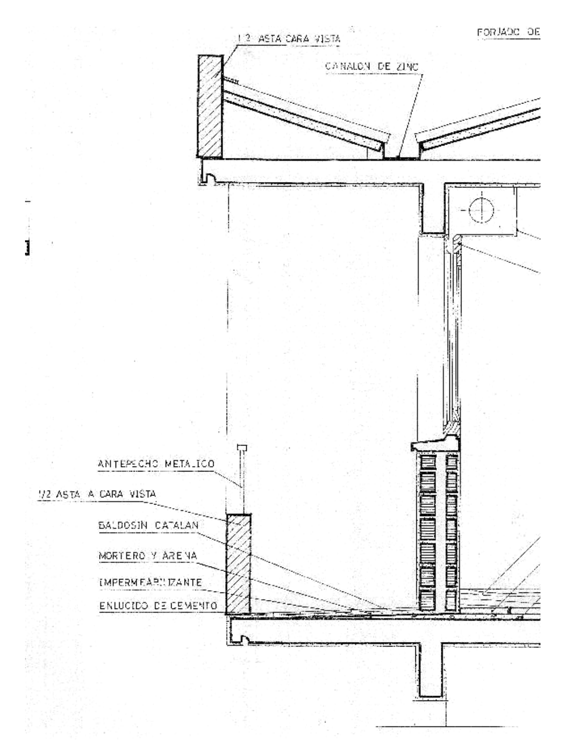


Figura 4
Sección de vuelo de balcón. Edificio de 60 viviendas situado en la calle Luis de Uranzu, 2-6 del municipio de Irun, proyectado por Javier Salegui en 1969. (detalle extraído del proyecto original)

comunes son tres: la barandilla metálica realizada a base de barras o tubos de hierro, la barandilla compuesta por una estructura tubular de hierro y un panelado de vidrio armado y, por último, el antepecho de hormigón o fábrica de ladrillo revestido.

Las celosías constituyen otro elemento importante de la fachada del periodo desarrollista. Servirán para cerrar patios en testeros o para conformar una zona de tendedero en una parte del balcón, estando constituidas por piezas cerámicas u hormigón prefabricado de formato y diseño variado.

El envejecimiento de la fachada desarrollista

Los principales problemas y patologías que, a día de hoy, presentan las fachadas del periodo desarrollista son los siguientes:

- Deterioro del perímetro estructural: La patología se concentra, principalmente, en los elementos estructurales vistos de la fachada, como vigas, frentes y techos de aleros y balcones, aunque también se puede manifestar en piezas armadas menores como dinteles y alféizares. El hormigón comienza por fisurarse, luego se agrieta y, finalmente, acaba cayendo y arrastrando al material de revestimiento, en caso de que exista. La causa se encuentra en el proceso de carbonatación que sufre el hormigón armado.[8] En los casos analizados, el factor fundamental por el que este proceso se manifiesta de forma tan virulenta es la falta de recubrimiento del hormigón debido a un simple y muy habitual defecto de ejecución: la deficiente colocación de las barras de armado, prácticamente adosadas al encofrado, sin respetar unas mínimas dimensiones de separación y con ausencia generalizada de elementos separadores. Este hecho se manifiesta una y otra vez. En algunos ejemplos se puede observar, por ejemplo, como el mallazo inferior de una losa o las barras de la armadura inferior de cualquier vigueta están dispuestas directamente sobre el fondo del encofrado. En presencia de agua, este proceso se agrava. Por ello, el problema se acentúa en los vuelos cuyo acabado superior no está impermeabilizado y donde el agua apenas encuentra obstáculos para penetrar al interior de la estructura, concentrando el problema en los bordes y superficies inferiores. También se observa que el problema se recrudece en municipios próximos a la costa cuyo ambiente salino contribuye a la aceleración del proceso. Los trabajos de recuperación de estos elementos estructurales son complejos ya que en su ejecución pueden resultar afectados otros elementos constructivos. Además, su coste es elevado ya que, para que no se repita el problema, resulta fundamental aumentar la sección del elemento estructural dañado con el fin de conseguir una dimensión de recubrimiento del armado mínimamente aceptable. Por ello, se puede considerar la patología más grave de estos edificios, no sólo por los daños y costes materiales que genera, sino por los irreparables daños que puede causar a las personas sobre las que pueden caer los cascotes desprendidos.
- Falta de aislamiento: las exigencias normativas vigentes y las que llegarán en el futuro con objeto de mejorar la eficiencia energética de los edificios ya construidos plantean, de forma irrenunciable y para cualquier tipo de intervención, la necesidad de aislar correctamente la envolvente de fachada. Por lo tanto, los trabajos de reforma



Figura 5
Una imagen muy habitual en multitud de edificios construidos durante el periodo desarrollista: el desprendimiento del revestimiento y parte de la viga de borde y forjado de un techo de balcón. La falta de recubrimiento de la armadura resulta evidente. Edificio de 8 viviendas situado en la calle Nafarroa, 44 del municipio de Zarautz, proyectado por Román Azcue, Vicente Orbe y José Luis Pla en 1963. (fotografía del autor)

realizados hoy en día consistentes, en la mayoría de los casos, en una simple mejora del acabado de fachada no van a ser suficientes y las nuevas soluciones constructivas van a tener que ser más complejas y costosas. Además, la necesaria inclusión de nuevas capas y pieles en muchos de los casos hará que el aspecto exterior de la fachada quede completamente alterado. Esta circunstancia, positiva en aquellos casos en los que el valor estético de la solución preexistente sea escaso, supondrá un auténtico reto en aquellos casos en los que el edificio destaque por la composición y diseño de su fachada original y requerirá de una importante reflexión a la hora de plantear cualquier nueva solución.

– Humedades en el interior de la vivienda: Originadas por filtraciones producidas a través de la fachada o por condensaciones. En el caso de las primeras y con el paso del tiempo, tanto el enfoscado de mortero de los revestimientos continuos como las juntas de los revestimientos adheridos y de las fábricas de ladrillo caravista se degradan y su capacidad impermeable se reduce. El habitual rehundido de la junta en el caso de las fachadas de ladrillo caravista facilita, además, la retención de agua sobre la superficie de la misma aumentando el riesgo de entrada de agua. La degradación de los sellados del perímetro de los huecos también es un punto delicado. En el caso de las condensaciones, éstas comienzan a aparecer, paradójicamente, en el momento en que se realizan obras de reforma en la vivienda como consecuencia del aumento de la exigencia de confort del usuario. La ventilación continua que se producía a través de las rendijas de la ventanas originales, cuyo cierre nunca era del todo hermético, y un salto térmico inferior entre el exterior y el interior debido a la menor temperatura media de la vivienda de la época hacían que apenas se produjeran condensaciones pese a la ausencia de material aislante en la fachada. En el momento en que comienzan a sustituirse las carpinterías originales por otras con un mayor grado de estanqueidad, los vidrios mejoran su capacidad aislante, la temperatura media de la vivienda aumenta al incrementarse la potencia de la calefacción, etc, los puentes térmicos se potencian y comienzan a aparecer las primeras manchas de condensación.

– Desprendimientos del revestimiento adherido: Además de los originados por el empuje y arrastre de los elementos estructurales dañados, analizados anteriormente, otros se producen por pérdida de adherencia del material de agarre. En muchos de los casos, los morteros y morteros-cola utilizados en la época han llegado al límite de su capacidad portante y comienzan a fallar. El riesgo para las personas es, también en este caso, grande. Además, los modelos y formatos de la mayor parte de revestimientos utilizados durante la época desarrollista no se fabrican hoy en día con lo que, en caso de reparación, el parcheo realizado en las zonas desprendidas queda en evidencia.

– Falta de apoyo de la hoja exterior: El habitual modo de disposición de la fábrica de ladrillo de la hoja exterior en el borde del forjado hace que, en los casos en los que los frentes estructurales no estén perfectamente aplomados, la dimensión del apoyo varíe según las plantas. Esto ocurre, sobre todo, cuando a un deficiente control de la ejecución de la estructura se suma un elevado número de plantas donde los errores pueden ir acumulándose. Si el apoyo de la fábrica sobre el forjado de alguno de los pisos es insuficiente, la carga acaba transmitiéndose al tramo de muro inferior, incrementando su peso previsto. Si este hecho se repite en varias plantas, el problema comienza a ser grave. En el edificio de ocho



Figura 6
Desprendimiento de una baldosa hidráulica por pérdida de adherencia del mortero de agarre. Edificio de 16 viviendas situado en la calle Parke, 5-7 del municipio de Errenteria, proyectado por Francisco Antonio Zaldua en 1960. (fotografía del autor)



Figura 8
Desprendimiento de parte del revestimiento del suelo y del antepecho por estallido de la zona de anclaje de la barandilla. Edificio de 16 viviendas situado en la calle Parke, 5-7 del municipio de Errenteria, proyectado por Francisco Antonio Zaldua en 1960. (fotografía del autor)

Figura 7
Grieta vertical en el encuentro de dos paños de fachada provocada por los defectos de apoyo de una de ellas. Parte de otra de las fachadas de este edificio se derrumbo previamente. Edificio de 24 viviendas situado en la calle Nafarroa, 39 del municipio de Zarautz, proyectado por Roberto Martínez Anido en 1970. (fotografía del autor)

plantas situado en la calle Nafarroa, 39 de la localidad de Zarautz, alrededor de 120m^2 de fachada se vinieron abajo por este motivo.

– Degradación de elementos varios: Otros problemas de menor entidad se derivan de la ausencia de albardillas y alféizares en muchos antepechos y ventanas. Las celosías formadas por piezas cerámicas o de hormigón prefabricado también presentan un estado desigual y, al igual que pasa con el resto de materiales, su reposición en caso de rotura no es fácil al tratarse de formatos que no se encuentran fácilmente hoy en día. Por otro lado, las barandillas de hierro originales se han ido deteriorando, sobre todo en localidades próximas a la costa, y la oxidación producida en los perfiles tubulares que, a modo de anclaje, se introducían directamente tanto en la base como en los laterales ha generado importantes daños en los puntos de unión.

Se puede concluir que el diseño constructivo de la fachada desarrollista, fruto de las circunstancias de una época determinada, respondía de forma más o menos adecuada a las exigencias de calidad y confort de esos años. Pero el paso del tiempo, un importante desarrollo normativo y la propia evolución de la sociedad han hecho que dichas exigencias hayan aumentado considerablemente y la fachada de entonces no sirva para dar respuesta a los requisitos actuales. En cuanto al proceso de envejecimiento, se puede afirmar que muchos de estos edificios han llegado o están llegando a una edad crítica en la cual los problemas, que hasta hace poco podían considerarse leves, comienzan a manifestarse de forma muy importante pudiendo generar, incluso, daños personales si no son atajados pronto. Lo más grave es que la adecuación de las prestaciones de la fachada del periodo desarrollista a las nuevas necesidades no va a ser sencilla y requerirá de novedosos procesos de rehabilitación, mucho más complejos y costosos que los realizados hasta ahora. Incluso más que para el caso de muchos edificios construidos en épocas anteriores. Aunque lo más paradójico y sorprendente de todo es que muchas de las soluciones constructivas aplicadas durante ese periodo y que presentan evidentes problemas de diseño, como el de la forma de apoyo de

la hoja exterior en el borde de fachada, se siguen imponiendo en la actualidad en muchos edificios de nueva construcción.

Notas

1. Metodología de trabajo: Se han analizado 467 edificios proyectados y construidos entre 1960 y 1975 (estudio de los proyectos originales en Archivos Municipales y análisis *in situ* de su estado actual) pertenecientes a 129 conjuntos residenciales de los 5 municipios con mayor crecimiento demográfico durante estos años (Donostia, Errenteria, Irun, Hernani y Arrasate) a los que se les ha añadido la localidad de Zarautz, por su singularidad al contar con el factor turístico. Se han realizado, además, entrevistas a una serie de personajes que intervinieron directamente en el proceso de construcción de la época (arquitectos, aparejadores, promotores, contratistas, fabricantes de materiales y políticos).
2. Conjunto residencial de 32 bloques, con un total de 406 viviendas, situado en el barrio de Galtzaraborda de Errenteria, proyectado en 1963 por Vicente Saralegui. Estructura interior formada por pilares y vigas de hormigón armado y muros de carga «a base de ladrillo cerámico en todos los cierres de fachada».
3. Datos aportados por Andrés Tellería (Ormaiztegi, 1928), fundador de la empresa *Tejas y ladrillos del Oria S.A.*, durante la entrevista realizada el 14 de diciembre de 2010 en Donostia.
4. Torre de 20 plantas con 114 viviendas, situado en c/ Duque de Mandas, 30-32 de Donostia, proyectado en 1969 por Mariano Oteiza y Juan Cruz Saralegui.
5. Edificio de 92 viviendas en c/ Nafarroa, 71 de Errenteria, proyectado por Ramón Gabarain en 1972. La malla planteada bajo el enfoscado no llega a ejecutarse, ya que la solución de acabado del proyecto original, a base de Granulite, se sustituye finalmente por un aplacado de piedra.
6. Comentario realizado por José Luis Ayestarán, Gerente de la promotora y constructora Inmobiliaria Orio S.A., empresa fundada en Zarautz en 1965, durante la entrevista realizada el 3 de diciembre de 2010 en Zarautz.
7. Ver nota 3.
8. La carbonatación consiste en un proceso en el que el dióxido de carbono de la atmósfera reacciona con los componentes alcalinos del hormigón, dando como resultado la neutralización del material. La armadura queda desprotegida y comienza un progresivo proceso de corrosión que hace aumentar el volumen del hierro. La presión que este aumento de volumen ejerce sobre el hormigón de recubrimiento provoca el estallido final del mismo

La clave de la *clau*. El cierre constructivo del presbiterio gótico

Josep Lluis i Ginovart
Victoria Almuni Balada

La clave de la bóveda de un presbiterio gótico supone la culminación constructiva y se fija como elemento simbólico que preside des de la altura el altar mayor. En el caso de la catedral de Tortosa, la clave representa la Coronación de la Virgen María tras su Ascensión a los Cielos (Viollet-le-Duc 1854-1868-3: 268-269).[1] La *clau major* tiene 2,32 metros de diámetro, diez palmos. Con un peso de más 8 Tn, su colocación se puede considerar todo un alarde técnico, puesto que se eleva a una altura 23,23 m., cien palmos de Tortosa según queda fijado en las *Consuetudines Dertosae* compiladas el 1272. También tiene un fuerte componente simbólico. La clave se *cala* mediante un ceremonial público, ante los ojos de la ciudad, el domingo 27 de septiembre de 1439, fecha en la que se celebra la festividad de la Asunción de Maria(O'Callaghan 1887, 17-20).



Figura 1
Clave Mayor. J. Lluis, A. Gabarín

Conocemos al detalle muchos de los procesos constructivos del período gótico. Con todo, quedan todavía muchas cosas por descubrir y otras por acabar de perfilar. En este artículo nos proponemos contribuir al conocimiento de la construcción gótica mediante la aproximación al proceso de colocación de una clave mayor de presbiterio. Contamos con un conocimiento preciso del edificio, fruto de las diferentes intervenciones vinculadas al plan director, y de considerable documentación que nos permite concretar las cronologías de construcción del presbiterio y la evolución de los procesos de construcción de muros, cerramiento de bóvedas, montaje y desmontaje de andamios... Damos especial importancia en este caso a las referencias documentales a la construcción de un pilar de dimensiones considerables y carácter auxiliar, referenciado como *pilar major*, a partir del mes de mayo de 1428, en plena construcción del sector central del

presbiterio (Almuni 2007, 1:151-186).[2] Aportamos la hipótesis que se trataba de un elemento auxiliar de construcción para el cierre primero del deambulatorio y después para la colocación de la clave mayor.

Las noticias sobre la existencia del pilar permiten establecer una dialéctica entre los documentos originales de la fábrica y la precisión geométrica del sector. Esta circunstancia nos lleva a establecer una interpretación, aunque especulativa, de la secuencia constructiva de la cabecera de una catedral gótica. El pilar auxiliar pude ser interpretado como un elemento polifuncional. En primer lugar como elemento esencial de contrarresto en la construcción del deambulatorio. En segundo como estructura para facilitar la colocación de la clave mayor, de gran magnitud. Finalmente como soporte para la cubrición del presbiterio. Lo corrobora el hecho de que después del descimbrado del presbiterio el pilar será desmontado, tras lo cual se dará paso a la construcción del pavimento del sector y a la consagración de la cabecera de la nueva catedral gótica, el mes de abril de 1441.

ANTECEDENTES DEL CERRAMIENTO DEL PRESBITERIO (1383-1424)

El año 1346 el Capítulo tortosino encarga al *magíster operis*, Bernat Dalguaire, una catedral con una capilla lateral y una de radial de 3 canas. Esto es, una catedral de 150 palmos de ancho. Tras la rectificación de la sección durante las primeras décadas del siglo XV la *Seu* será rematada a 100 palmos, métrica inspirada en San Agustín, iniciador a la vez de la regla por la que se rige el Capitulo dertosense (Simson 1952, 6-16). Los promotores fijaron las grandes medidas, *sciencia teoria* pero el *magister* había de determinar y desarrollar la *sciencia activa*, tomando unas decisiones que tan solo a su *ars* podía desarrollar (Lluis 2007, 17-41).

La cabecera de la catedral de Tortosa, de planta heptagonal, fue levantada y cubierta entre 1374 y 1441. Dispone de un ábside con doble deambulatorio, que abrazaba la anterior catedral románica por el exterior. Una primera fase supuso la construcción del cinturón de capillas radiales, cubiertas de forma correlativa y secuencial, desde el sector del evangelio al de la epístola, entre 1383 y 1424. Cuenta con una sección de proporción 9/5, relativamente baja y poco usual a finales del siglo XIV, provocada por la eliminación de los muros existentes entre las capillas radiales.

La segunda fase determinará la construcción del deambulatorio (1424-1435). En este momento se produce un aumento de sección por el paso a una métrica sesqui tercia (9/6). Se advierte también un cambio de método. A diferencia de la secuencia constructiva de las capillas, las bóvedas del deambulatorio fueron cubiertas simétricamente (1432-1434) sobre el eje del presbiterio, cerrando desde la boca de éste hacia el interior.

La tercera y última fase corresponde a la cubrición del presbiterio (1435-1441), con la colocación primero de la gran clave y el cierre inmediato de las bóvedas.

En el proceso de construcción de las capillas radiales podemos determinar, a su vez, tres fases diferenciadas en el tiempo. En primer lugar las pruebas iniciales del modelo, con bóveda de crucería de planta cuadrada y liberación del muro lateral, en la capilla extrema norte dedicada a San Pedro (1383). En segundo la fase de consolidación del modelo, materializada con la construcción de las cuatro capillas siguientes entre 1387 y 1397. Finalmente y en tercer lugar la de sistematización con la fábrica de las cuatro capillas restantes, cubiertas entre 1412 y 1424.

El modelo de la capilla radial es complejo. Lo demuestra el hecho de que existen hasta cuatro impostas diferentes en la construcción de los arcos que intervienen en la capilla radial y su giro. El nivel de cimbrado de las capillas radiales, claramente aún visibles, se dispuso a una altura de 27 palmos y 6 dedos (27,5 palmos, 6,39 m). La clave de la crucería a 45 palmos (10,45 m). Previamente a este proceso, se determinó el arranque del arco perpiaño principal, sobre el eje del pilar, que es él que soportará los empujes del deambulatorio, con arranque a 26p+2d (6,09 m) y la clave a 41p+11d (9,74 m). Los arcos diagonales de la crucería están realizados sobre el plano de cimbrado (27p+6d). Arrancan a 28p+8d (6,68 m) y culminan en los 45 palmos. El arco formero sobre la galería del deambulatorio, por su parte, arranca a 30 palmos (6,97m) y remata a 41p+8d (9,68 m). El arco perpiaño sobre la bóveda cuadrada arranca a 36p+8d (7,35m) y la clave se sitúa a 42p+5d (9,85 m).

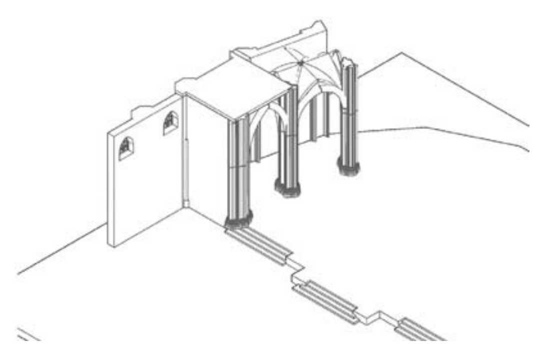


Figura 2
Evolución constructiva capilla radial. J. Lluis , A. Llunart

El acopio de material para la construcción de todo este sector se realiza des de el embarcadero situado en el portal de Tamarit, distante 92 m. del inicio de la fábrica y con un desnivel de 7,5 metros. En la primera fase de la construcción del ábside se trabaja a pie bajo. Más tarde en altura, hecho que determina que los trabajos auxiliares se realicen mediante una grúa que debía estar situada sobre la primera capilla del evangelio, la de San Pedro. Se trata de un elemento bien documentado, que va siendo trasladado a la terraza de otras capillas a medida que avanza la obra. Así ocurre en la construcción de la capilla de San Pablo por citar un ejemplo:

> Item entre fusta e claus, cordes, mestres, senalles, e mudar la grua, e tenalles e cantes per cloure la capella... (ACTo, ll. o. 1386-1387, fols. 14v-16r).

En el año 1412 se construye una nueva grúa, opuesta a la primera que se situará en la parte de la epístola, trazándose sobre la cubierta de la Sala Capitular, cerca de lo que será la futura Capilla de Santa Catalina:

> Dijous a XXV d'agost començaren ha hobrar los mestres la grua de la hobra de la seu. (AHCTE, Fàbrica, s/n, 1412, s/p).

Esta segunda grúa es la que hará avanzar la segunda fase cronológíca de las capillas radiales. Las referencias que se conservan sobre ella indican que podría haber tenido un sistema de contrapeso de equilibrio en el pie mediante agua:

> Foren a la dita grua los IIII mestres al for XVIII sous. Item per fer lo peu de la grua IIII carregues d'aygua...

Conocemos otras referencias a la construcción, traslado y mantenimiento de gruas a lo largo del período. En el año 1422 se construye una nueva grúa (ACTo, ll. o. 9, 1421-1422, fol. 2-8), y a partir de enero de 1426 se trabaja también en la reparación de la grúa del embarcadero de la piedra de Tamarit (ACTo, ll. o. 1425-1426, fols. 7r-7v i 17v-19v).

Desde el punto de vista estructural y de cobertura la construcción de las capillas radiales tiene un carácter individualizado. Se levantan una a una, a diferencia de lo que ocurrirá con el deambulatorio, de construcción simétrica como hemos apuntado.

En cuanto a los accesos a los niveles superiores en obras, la fábrica dispondrá a partir de 1424, tras la culminación de las capillas radiales, de dos escaleras de caracol diferenciadas. Se sitúan una a cada extremo del arco, integradas en los muros de las capillas de Santa Catalina (1424) y de San Pedro (el 1422 se cierra la puerta superior). A partir de este momento probablemente contará con dos grúas de disposición opuesta y simétrica, hecho que permitirá agilizar los trabajos de la girola. Con la posibilidad de dos accesos y dos acopios de material, la cabecera de la catedral podrá aumentar considerablemente su ritmo de construcción.

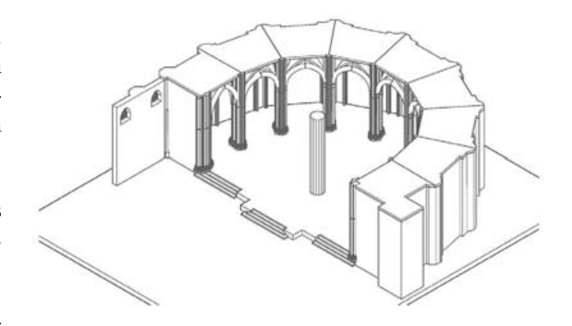


Figura 3
Cierre capillas radiales. J. Lluis , A. Llunart

La construcción del deambulatorio (1424-1435)

La construcción de las bóvedas del deambulatorio, con simetría sobre el eje central, sigue una secuencia clara. En primer lugar se llevan a cabo las tareas estructurales, bóveda a bóveda, para luego realizar un primer acabado de cubierta. Finalmente se acometen las labores conjuntas de cubrición de la terraza y realización del acabado final. El conjunto se culmina en tan solo dos años (1432-1434), muy poco tiempo si consideramos los recursos técnicos y humanos de que se dispone.

En esta fase constructiva cabe destacar el aumento de la sección de la catedral. En las capillas radiales se fija una proporción de 9/5 mientras que en la girola la sección pasa a ser de 9/6. También se realizan cambios en el arranque de los elementos estructurales, que a diferencia de las capillas radiales se ejecutan concentrando en una misma imposta los arcos formeros perpiaños y cruceros. Éstos se sitúan a 11,67 m (50+3d) y el remate de la bóveda trapezoidal a 16,70 m (72p). El plano de cimbrado se coloca a 56 palmos, en un nivel algo superior al de las impostas de los arcos.

Poco antes de acometer la construcción de la girola se inicia, el 13 de mayo de 1428, la de un gran pilar que planteamos de carácter auxiliar. Su obra coincide con el inicio del desmonte del ábside de la catedral románica, a partir del mes de agosto del mismo año:

> comenci de derroquar lo cap de la seu vella darrera l'altar major... (ACTo, ll. o. 1428-1429, fols. 29r i 30v).

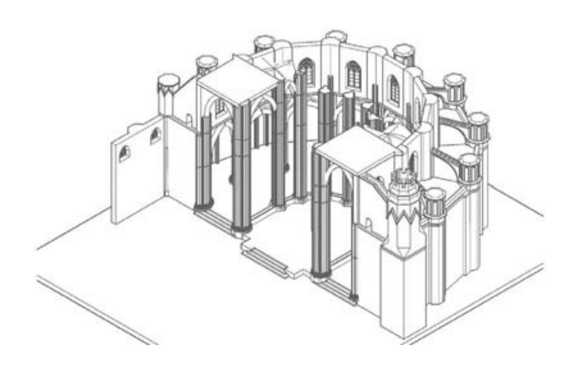


Figura 4
Hipótesis construcción pilar major. J. Lluis , A. Llunart

Antes del inicio de la construcción de las bóvedas, el año 1429, se ejecutan algunas de las paredes del segundo nivel, incluyendo los arbotantes y pináculos exteriores. Suponemos que se trata de las de los tramos rectos extremos del deambulatorio. En todo caso, es evidente que se prepara el cerramiento y culminación de las bóvedas, materializadas entre 1432 y 1434:

> doni a n'Arnau Berenguer per dots dies que ajuda al Mestre per posar les cendri e fer los bastiments dels finestratges de la curolla... (ACTo, ll. o. 1428-1429, fols. 23r, 31r i 33v), obra en fer la cindria del arch bota... (ACTo, ll. o. 1428-1429. , fol. 32v).

Con posterioridad el proceso cambiará, de modo que al final del cierre de la girola, durante el año 1434, los arbotantes de la cabecera se ejecutan paralelamente al proceso de la cubrición de las bóvedas trapezoidales correspondientes.

Podemos establecer con precisión la secuencia del proceso de construcción de las bóvedas. Tenemos ejemplos muy bien documentados, como el del sector situado delante de la capilla de San Vicente. En esta zona, de 20,03 m2 de superficie, se coloca el andamio el 24 de julio de 1433, se cintra el 31 julio, se construye la bóveda entre el 1 y 5 de agosto y se descimbra el 27 de agosto. Con esta última intervención termina la operación estructural, realizada en 35 dias. Entre el 2 y el l3 de septiembre construyen el relleno de esta bóveda, la pared interior y el *trespol* o pavimento en dos capas, con lo que se completa la obra de albañilería. En apenas 8 semanas se construye y cubre una bóveda de crucería del deambulatorio (Almuni 2007, 2: 584-587).

La estrategia constructiva de la girola será bien diferente a la de las capillas radiales. El deambulatorio se empieza a cubrir con las bóvedas del evangelio, frente a la capilla de San Pedro, y la de la epístola frente a la de Santa Caterina. Estas bóvedas de geometría de planta cuadrada de 29,16 m2, tiene fácil contrarresto hacia el exterior de la fábrica, mediante los arbotantes de las capillas radiales que ya habían sido construidos.

Pero el equilibrio de esta fase hacia el interior del presbi terio es algo más complicado. Hay que observar que los pilares de la boca del presbiterio de sección similar a los del resto de la nave central, han de tener una sección suficiente como estribo antes de

progresar el resto de la nave. Cuestión bien diferente serán los ocho pilares que cierran la semicircunferencia del presbiterio, ya que estos no son iguales y su diseño cambia significativamente. Los situados en el diámetro del presbiterio, los dos primeros en ejecución tras los de la nave central, presentan una mayor dimensión en la dirección al eje dicha nave. Probablemente estén diseñados pensando en el equilibrio de estas bóvedas en su empuje hacia la cabecera del ábside.



Figura 5
Detalle pilares presbiterio. Tipología molduras. J. Lluis , Ll. Colomé

La acción es tan evidente que no existe superposición formal en la composición de la ventana superior, centrada sobre la bóveda del presbiterio, pero no así sobre el arco formero de la bóveda de del deambulatorio. De esta manera existe una corrección, entre el arco y la ojiva de arranque real de la bóveda cuadripartita.

El arco toral situado sobre el presbiterio es dispuesto, antes de su montaje, sobre la terraza de San Pedro el 143. Su simétrico lo hará en una operación similar en 1432:

> logui III homens per puyar l'arch maior al terrat... (ACTo, ll. o. 1430-1431, fol. 16r.)

Cuando se han construido las bóvedas del presbiterio los empujes horizontales son evacuados hacia el exterior, hecho que obliga a preguntar qué ocurre con el empuje hacia el centro del presbiterio antes que éste sea cubierto. La existencia empujes hacia el interior de fábrica y la construcción de las bóvedas de manera simétricas, hace pensar que los empujes centrales pudieran ser reequilibrado sobre un elemento auxiliar que bien podría ser el pilar al que nos venimos refiriendo a lo largo del texto.

La cubrición del presbiterio (1435-1441)

Tras la construcción del deambulatorio con el remate de sus azoteas planas mediante la técnica de acabado *trespol* o mortero de cal, había que emprender el cierre del presbiterio.

La comprobación de las medidas estructurales del presbiterio, arrojan una luz de 11,15 m, 48 palmos, ó 6 canas, apuntan a un plano de cimbrado situado a 76 palmos, a la altura de la segunda terraza y con un remate a 100 palmos. Por tanto el gálibo de las bóvedas del presbiterio sería de 24 palmos, que corresponde a 3 canas ó 5,58 m. És en esta altura donde ha de colocarse la clave mayor, de 2,323 m de diámetro y con un peso aproximado de 8.746 Kg.

La primera operación para la cubrición del presbiterio será la colocación de la gran clave. El corte de la pieza, debido a las grandes dimensiones del bloque, no fue tarea fácil. Hubo un primer intento fallido, y un segundo corte definitivo en junio de 1438:

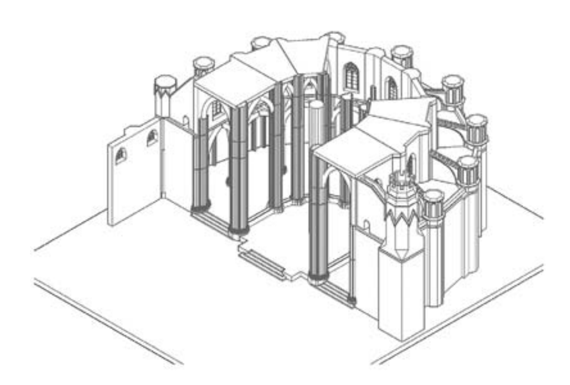


Figura 6
Cierre de la Girola. J. Lluis , A. Llunart

ana mossen Corn a la pedrera per tallar la clau ab en Pere Pasqual e aço per raho com en Guaita havia trencada la primera clau.... (ACTo, ll. o. 1437-1438, fol. 35r).

El trasporte y descarga de la pieza, así como el arreglo de la calle que conducía al taller o lonja requirieron siete personas durante tres días en enero de 1439:

costa lo descarregar de la clau lo dia de Aparici e apres dos jorns los quals maestre Anthoni Alcanyiç, Francesch Alcanyiç Bernat Comes e IIII jovens qui an continuament aydat al dit

descarregar ab gran afany.. (ACTo, ll. o. 1438-1439. fol. 27r).

El bloque será desbastado y trabajado con la decoración escultórica por Bartomeu Santalínia. El elemento después de estar acabado ha de ser protegido, embalado y transportado. La operación se hace en dos fases. Una primera ubicación desde el taller hasta el *tallador* el 8 de septiembre:

Item a VIII del mes de setembre doni a mossen Dons per la festa que feu als qui muntaren la clau en lo tallador e aparellaren molta exarcia en que se despes a beure de mati e dinar maior

per tot... XXXXVII sous VI diners.(ACTo, ll. o. 1439-1441, fols. 60r).

Antes de la operación se hubo de construir, a finales del mes de agosto, el andamiaje necesario para disponer la clave y el cierre definitivo. Suponemos que el andamiaje se situó a la altura de la girola, en los ventanales superiores a una altura de 76 palmos, ya que no existen indicios del apoyo en los paramentos a diferencia de las capillas radiales y girola.

Tras una segunda operación de izado, el 27 de septiembre de 1438, la pieza se colocará en su lugar definitivo como lo indican los libros de fábrica:

Item mes se despes diumenge a XXVII de setembre que puiaren la clau dalt en son loch sobre lo matraç de ques feu gran festa. (ACTo, ll. o. 1439-1441, fol. 60r-60v).

En otro documento citado (O'Callaghan, 1887, 17-20) se explica con todo detalle la gran ceremonia que acompañó al acontecimiento de la colocación de la clave:

E feta la dita benedicció, cantaren altres veus lo ymne Ave Maris stella, Dei mater alma. E acabat lo dit ayme, ladonch los patrons maestres daixa, e mariners, e altres que aquí eren per fer la llavor de muntar la dita clau, muntaren aquella fins l'endret on devia muntar per asetiar aquella. E essent muntada, muntaren e assentaren lo bastiment e matràs hon la dita clau avia a esser posada e asetiada, lo qual bastiment e matras asetiat davall la dita clau, ladonchs calaren la dita clau, e calant aquella per lo molt noble Luart de Muntcada, prior major de la dita seu, per part del dit capitol e clero, e lo molt honorable en Francesch Burgues, procurador en cap, per part e nom de la dita ciutat, la dita clau fonch damunt lo dit bastiment, o matrás, ab lo maestre de la seu, assetiada,...

La clave se subió por la azotea de la capilla de san Pedro, donde debía estar situado el torno ya que después de la colocación de la clave, en el mes de diciembre, se cambia de ubicación la grúa. La gran pieza de la clave de delicada escultura, se sube mediante una protección o *matraç*[3]en su base, para luego ser colocada sobre el *bastiment* probablemente situado sobre el *pilar major*. És acarreada mediante *exarcia,* especie de red gruesa. Esta labor se confía a los marineros de la ciudad, acostumbrados al manejo de grandes pesos. Se realiza mediante una extracción a tracción vertical utilizando cabrias con polipastos.

Con posterioridad a la colocación de la clave, en diciembre de 1438, se cimbra y se construye el arco de conexión entre el arco toral de la boca del presbiterio y la clave mayor:

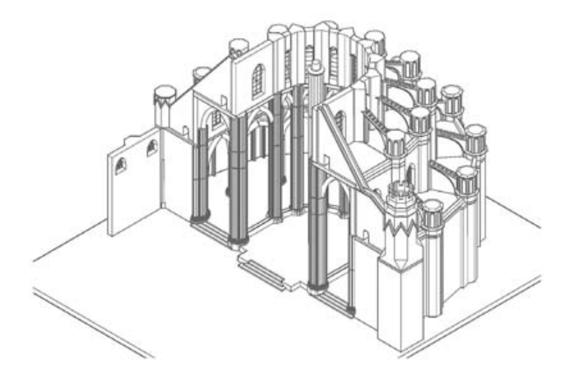


Figura 7
Colocación clave y cierre del presbiterio. J. Lluis , A. Llunart

Item a XVII de dehembre feu serrar lo maestre un fust de un mul an Pere Bramon hon hac dos fi ls a rao de I s VI ds per obs del arch pla de la clau al arc major... Item mes costaren de serrar los quals feu serrar lo maestre los dits VIII fusts per fer puntals e refaxes per obs del cap a rao

de XII ds per ample e X ds per stret en que han fet XXI fi l per ample e per stret VIII fi ls e mig... (ACTo, ll. o. 1439-1441, fols. 48r i 55r).

Tras la construcción de las bóvedas de fuera a dentro, se desmontó el andamio principal y el pilar en marzo de 1440:

Item despeni lo jorn que levaren la primera bastida per donar a beure als que hi ajudaven entre pa e vi e fruyta... (ACTo, ll. o. 1439-1441, fol. 62r.).

LA CONSTRUCCIÓN DEL *PILAR MAJOR* Y COLOCACIÓN DE LA *CLAU*

El gran cambio que se produce en la concepción espacial de la cabecera se propicia con la construcción deambulatorio, en la búsqueda de un modelo más esbelto. En este momento había que desmontar la catedral románica y rematar las expectativas del modelo de doble deambulatorio. Des del punto de la proporción se cambia la sección definitiva, de 150 palmos de ancho por 100 de altura. También existe una nueva concepción des de el punto de vista visual. El diseño de los arcos del cierre del presbiterio esta ajustado en su parte superior a un ancho de seis palmos, de manera que la visión de la clave mayor, de diez palmos, es tangente a sus líneas observadas des de el centro de las capillas radiales. De esta manera la gran clave preside visualmente el espació, no solo desde la visión frontal de la nave, sino que también des de el deambulatorio. Así pues estamos en el momento crucial del cambio de proyecto y remate del presbiterio.

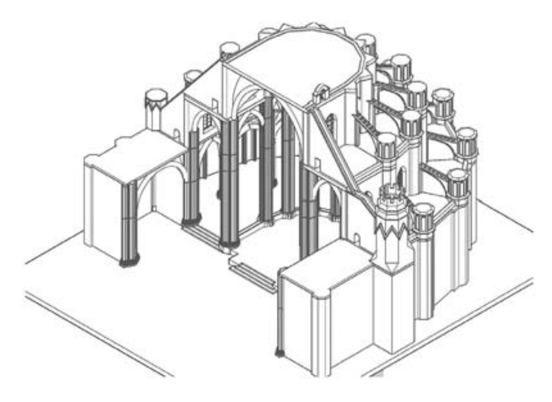


Figura 8
Cierre del presbiterio y avance nave central. J. Lluis , A. Llunart

Después del cierre de las capillas radiales que rodeaban a la catedral románica, en mayo del año 1428, se empieza construir el *pilar major*. Se trata de una acción coincidente con las obras de derribo en la cabecera de catedral románica a partir del mes de agosto (Almuni Balada, 2004, 211-250). Es difícil precisar la ubicación exacta de la catedral románica respecto a la actual, aunque por lo general existen dos tipologías de restitución. Aquellas en que la totalidad de cabecera de la obra nueva queda totalmente fuera de la vieja y aquellas en las que asoma parte del ábside en la cabecera de la obra nueva.[4] Esta segunda hipótesis es cercana a nuestro caso, situando la cabecera en la prolongación del muro del claustro.

El pilar se situó detrás del altar de la catedral románica, una vez acabada la cubrición de las nueve capillas radiales entre 1383 y 1424, y antes de la cubrición de las primeras bóvedas del deambulatorio realizadas en julio de 1431:

començam de desfer lo bastiment de la cerqua e començam lo bastiment del pilar major darrera l'altar, e forenhi III mestres de axa e hun fadri (ACTo, ll. o. 1427-1428, núm. 13, fol. 15r.)

Posteriormente será desmontado en marzo de 1440, tras el descimbrado del andamio del presbiterio poco antes de la primera consagración de la nueva catedral el 12 de abril de 1441:

Item mes dimecres a XXIII de març doni als qui enderrocaven lo pilar e als qu-y ajudaven es traure pedres defora la obra entre pa e vi e fruyta de mati e apres dinar (ACTo, ll. o. 1439-1441, fol. 62r.)

La colocación de un pilar como elemento estructural central en el gótico no es nuevo, ya aparece en el diseño de plancha XL de Villard de Honecourt, (Lassus, J.B.A. 1858, 161-162). Sabemos que fue empleado en la construcción de estructuras de salas (Vio-

llet-le-Duc, (1854-1868-8: 95), como la sala capitular de la catedral de Salisbury (1263-1284), o en el presbiterio de los Jacobins de Toulouse (1275-1292), (Sundt, 1989-185-207). Estas estructuras a manera de *Palmier* como se conoce en Toulouse recogen hacia abajo, a manera de bóvedas de abanico, las estructuras de la coronación de las bóvedas (Carrasco 2002, 85-97).

En nuestro caso podemos especular con una acción estructural del pilar similar a las descritas, aunque realizada como elemento auxiliar que ayuda a construir el cierre de la cabecera, y que luego és desmontado.

La colocación de una estructura auxiliar, situada sobre el eje del presbiterio con una luz de 11,30 m, acorta considerablemente los elementos auxiliares de corte de madera, y lo acerca a medidas de las capillas radiales y a las del deambulatorio con unas medidas cercanas a las tres canas (5,58 m). La opción se completa si el pilar puede servir de elemento estructural con efectos preventivos de las acciones de contrarresto de las bóvedas del deambulatorio, y además, de soporte y montaje de la clave mayor.

El proceso de construcción de las bóvedas la girola es de ejecución simétrica sobre el eje, hecho que nos lleva a pensar en un intento de equilibrar estos empujes. En este sentido podría aparecer el principio del *pilar major* como elemento auxiliar, neutralizando estas acciones horizontales de contrarresto hacia el interior. Con un simple atirantado sobre este pilar central el problema podría quedar resuelto, más aún si este elemento fuera el elemento de sustento del andamio interior necesario para remontar las paredes de la girola y del interior del presbiterio. Estaríamos hablando de la hipótesis de un arriostrado en el plano de cimbrado del deambulatorio situado a 56 palmos (Ungewitter 1890, 1: 118).

La ejecución simétrica de la girola plantearía una ejecución mediante dos apeos y suministros de obra diferentes, uno desde la cubierta de la Capilla de San Pedro y su opuesta de Santa Caterina, y por tanto con la posible existencia de dos o tres grúas. La primera documentada en 1386, la nueva construida en 1412 y finalmente la de 1422. Contamos, además, con los dos accesos des de los dos caracoles extremos.

La construcción del pilar en esta primera fase se situaría a una altura de 56 palmos, en el plano de cimbrado de la girola aún perfectamente visible en la actualidad. Con esta hipótesis, se permitiría una fácil andamiaje para la construcción del muro interior entre el segundo y tercer nivel. La hoja exterior se podía andamiar des de la cubierta de las capillas del deambulatorio, mientras que la hoja interior de podía apear mediante el pilar. Con este sistema se podría recrecer el pilar hasta el tercer nivel de cimbrado, que se situaría a la altura de las ventanas del presbiterio, a una altura de de 17,65 m, que corresponde a 76 p o 9,5 canas.

La colocación de la clave también ha de ser un hecho importante, ya que la elevación de un peso de 8.746 kg es una acción complicada. A ello hay que añadir el cuidado de la labor escultórica de la cara inferior de la delicada pieza. La clave no se puede romper, como lo había hecho en la cantera en un primer intento, ya que los preparativos y costos de viaje, desembarco, transporte, labra gruesa y fina, y elevación hasta la segunda terraza de la catedral, tuvieron un elevado coste y una gran trascendencia ciudadana.

La talla de la clave ha de resolver los problemas de simbología, mediante la labra de la iconografía de la Coronación de la Virgen María, pero también des de el punto de vista de la geometría de la cantería gótica. La escultura inferior se dispone sobre una circunferencia de 10 palmos de diámetro, pero el cuello de la clave ha de albergar la concurrencia geométrica de los nueve arcos cruceros que coinciden en ella. Por tanto ha de existir una relación entre la longitud de la circunferencia, el diámetro y la dimensión del arco crucero. En la semicircunferencia de la clave se han de albergar ocho arcos, y por lo tanto hay que dividir esta en siete partes iguales. La relación 9 de radio a 4 de lado del polígono inscrito en ella se ha demostrado extraordinariamente eficaz para dividir la circunferencia en 14 partes iguales (Lluis, 2002, 517-532). La talla de la clave se realiza previamente al cierre del arco crucero, pero la media de esté viene determinada mediante la fornícula del pilar y por lo tanto previamente diseñada y dimensionada. Así, conociendo esta relación proporcional (9/4) se puede o bien determinar el radio de la circunferencia en función del nervio o viceversa. Los arcos cruceros del presbiterio tienen 18 cm, con lo que el cuello tiene 80 cm, que son 3 palmos y medio.

La clave se sube en un momento en el que el cerramiento del tercer nivel no estaba realizado. Así pues se ha de elevar hasta un primer estadio situado en el segundo nivel, correspondiente a la primera te-

rraza, mediante la grúa o torno. Hasta el momento los elementos más pesados en la construcción de la catedral habían sido la base de los pilares de las capillas radiales, la de San Pedro, que con una galga de 33 cm, y peso de 2.191 kg, es colocada a pie del suelo. Esto supone que había que mover un pesado elemento cuatro veces mayor que lo que hasta el momento se había realizado y colocarlo a 100 palmos de altura.

La pieza en un momento dado había de ser colocada sobre el plano de cimbrado, para luego izarse y colocarse a unos 5,54 m, hasta su ubicación definitiva. La hipótesis del pilar como elemento de sustento toma más fuerza, ya que colocar un andamiaje hasta 17,65, necesitaría de tres a cuatro niveles de puntales intermedios con un arriostramiento importante. El andamiaje no solamente tenía que soportar el peso de la clave, sino también que era preciso aguantar los operarios que trabajaron. La elevación de la pieza la hicieron los marineros de la ciudad, suponemos con polipastos, considerando una ventaja mecánica de orden 4, para levantar la pieza de la clave harán falta entre 25 y 30 personas, así pues el andamiaje a parte de su propio peso debía soportar unas 11 Tn.

La elevación de la pieza se debió realizar en dirección Este-Oeste, mediante una acción de tracción vertical con polipastos. La construcción del pilar podría ayudar como elemento de contrarresto evitando el desplazamiento del ingenio que se hubo de construir, en esta dirección.

La clave había de ser colocada con precisión geométrica sobre su replanteo, para lo cual se requirió de un *bastiment*, probablemente doble, uno en el embalaje de la clave, completado con un elemento almohadillado, y otro sobre el pilar. Hasta que el pilar auxiliar no fuera desmontado definitivamente, existían sobre la base de este elemento compresiones importantes, puesto que concurrían la bóvedas del presbiterio. Dada esta circunstancia se requería un elemento intermedio que no dañara el elemento escultórico, tanto en la compresión inicial, como en el desencofrado de la clave, tras el desmontaje del pilar.

Así pues toma fuerza la hipótesis de un *bastiment* sobre la base de la clave, como un embalaje, con una cierta protección, el *matras*, de manera que fuera dispuesto sobre otro *bastiment* del pilar, realizado a manera de encaje. Los ejes de la clave debían estar perfectamente alineados con los estribos de los pilares del presbiterio para que posteriormente, el empuje de los arcos fueran coincidentes, por tanto las piezas han de encajar perfectamente según un determinado diseño previo.

La acción posterior de descimbrado del pilar, requiere un cierto asentamiento de la clave, creemos cercano a un palmo, con lo cual al extraer el *bastiment* del pilar, habría un descenso del *bastiment* de la clave. El recorrido previsto del descenso de la clave, tendría que ser menor que el grueso del *bastiment* del pilar, al efecto de que este no entrara en contacto directo sobre el pilar de piedra.

De la sección de la fábrica, en función del ancho y la altura del remate del presbiterio, el maestro ha de determinar la tirantez del desarrollo de arcos y bóvedas, y por tanto fijar el plano de cimbrado o inició de la cubrición, la parte más importante del proceso constructivo, a la vez que elevar la clave mayor. La medida de este plano de trabajo, puede ser des de el punto meramente geométrico, no conmensurable aritméticamente, si esta es fijada teóricamente, en relación a la tirantez. Pero también puede ser conmensurable, si esta se fija por el plano de trabajo, e inicio del cimbrado y de aquí deducir la curvatura de la arquería. En el caso de la catedral de Tortosa los puntos de cimbrado y de remate son conmensurables, para lo cual es preciso marcar el punto de tirantez, determinando la perpendicular por el punto medio, des de el plano de cimbrado a las claves (Willis 1910, 11). o simplemente determinar un corte a plantilla.

La medida del estribo se ha fijado y definido en los términos habituales según un plano perpendicular a la sección, y determina la profundidad estructural, pero la determinación del ancho necesario, ha sido una cuestión menos debatida. La función y la medida de la clave, han de ser determinante para la cuestión de este factor, puesto que este elemento constructivo, ha de albergar en el desarrollo de su cuello, una medida suficiente para el enjarje de los nervios principales de las bóvedas concurrentes, y por tanto ha de tener una medida geométrica mínima. Por tanto ha de existir una relación entre el radio del cuello de la clave y la medida de la nervadura principal de la bóveda del presbiterio (9/4). Esta medida formará parte importante del orden general de la fábrica, puesto que recoge la forma geométrica de la fábrica desde la construcción de la base de los pilares.

CONCLUSIÓN

La clave de la catedral de Tortosa, elemento simbólico dentro de iconografía medieval, con la Coronación de la Virgen Maria que preside el presbiterio, fue pensada desde el momento en que se terminan las capillas radiales. Es el momento crucial en el que se cambia la sección de la cabecera de 9/5 a 9/6, además es cuando se proyecta la gran clave, elemento crucial que ha de visualizarse tanto desde la nave, como desde el doble deambulatorio. La media simbólica de la base de la clave de 10 palmos, alberga el fino trabajo escultórico. Pero la clave necesita de otra media, la constructiva, la que determinará el cuello de la clave, en función de la medida de los de los arcos cruceros concurrentes en la pieza. El arco crucero y su medida, esta implícita en la moldura del pilar del presbiterio, cuya base fue construida con mucha antelación a la colocación de la clave. Existe por tanto una transición entre la labra de las molduras de los ocho pilares que cierran el presbiterio, así las de se dirigen hacia la girola mantienen la misma tipología que las de las capillas radiales, mientras que las de interior cambian significativamente y son la que fijan mediante la relación 9/4, el radio de clave y el nervio crucero. La tesis de la construcción de un pilar auxiliar como elemento polifuncional toma cuerpo no solo como elemento de sustentación de la clave, sino como elemento esencial de contrarresto hacia en interior del presbiterio.

NOTAS

1. Viollet hace mención de una clave con una iconografía similar la de la Collégiale Notre-Dame de Semur-en-Auxois (1235). La solemnidad de la Asunción se prolonga con la fiesta de la Realeza de María, que tiene lugar ocho días después de ésta.. Representa también el Quinto misterio glorioso la coronación de María Reina de cielos y tierra.
2. La referencia documental de los Libros de Fábrica siempre estará liga a la obra; Almuni Balada, V. (2007). La catedral de Tortosa als segles del gòtic. 2 Vols. Barcelona: Fundació Noguera. Col·lecció Estudis, por su consulta electrónica http://www.fundacionoguera.com/publicacions-autor.asp?ida=166.
3. Diferentes diccionarios franceses utilizan la palabra matelas como degeneración matras, sinónimo de elemento de lecho. Dictionnaire etymologique de la langue françoise? par M. Ménage; éd. par A. F. Jault (1750). Dictionnaire général et grammatical des dictionnaires français... par Napoléon Landais, Tome 2. (1834). Dictionnaire national ou Dictionnaire universel de la langue française. Tome 2? par M. Bescherelle aîné, (1856).
4. En el primer caso ejemplos como Sant Denis, León, Toulouse, en le segundo Gerona o Barcelona.

LISTA DE REFERENCIAS

Almuni Balada, V. 2004. «La catedral romànica de Tortosa. Aproximació documental a la seva història». *Recerca* 8: 211-250.

Almuni Balada, V. 2007. *La catedral de Tortosa als segles del gòtic*. 2 Vols. Barcelona: Fundació Noguera. Col·lecció Estudis.

Carrasco Hortal, José. 2002. *La estructura gótica catalana: Sobre los conceptos de medida y espacio. El problema de la forma en la cubierta*. Tesis Doctoral. Departamento: Expresión Gráfica Arquitectónica I. Universidad Politécnica de Catalunya.

Lassus, J.B.A. 1858. *Album de Villard de Honnecourt. Architecte du XIIIe siècle*. Paris: Imprimerie impériale.

Lluis i Ginovart, Josep. 2002. *Geometría y diseño medieval en la catedral de Tortosa. La catedral no construida*. Tesis Doctoral. Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Internacional de Catalunya.

Lluis i Ginovart, Josep. 2008. *La ciutat de Deu feta pels Homes. El cas de la catedral de Tortosa*. Tortosa: Fundació fe y cultura Moceen Manya. Col·lecció: Llum Nova 2.

O'Callaghan, Ramon 1887. *Anales de Tortosa I*. Tortosa: Imprenta Católica de Gabriel Llasat.

Simson, Otto G. Von. 1952. The Gothic Cathedral: Design and Meaning: Journal of the Society of Architectural Historians, Vol. 11, No. 3 (Oct., 1952), pp. 6-16.

Sundt, Richard A. 1989. «The Jacobin Church of Toulouse and the Origin of Its Double-Nave Plan». *The Art Bulletin*, Vol. 71, No. 2 (Jun., 1989), pp. 185-207.

Ungewitter G. 1890. *Lehrbuch der Gotischen Konstruktionen*. Leipzig: T.O. Weigel Nachfolger

Viollet-le-Duc, E. E. 1854-1868. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. 10 vol. París: Bance et Morel.

Willis, Robert. 1910. *On the construction of the vaults of the middle ages*. London: Royal Institute of British Architects.

La línea en el control material de la forma

Ana López Mozo
Enrique Rabasa Díaz
Miguel Sobrino González

Las bóvedas góticas, a veces complejas, son el resultado de un proceso en el que la concepción, la definición proyectual y la organización constructiva son coherentes, y se apoyan en la determinación de una red de líneas. Los nervios, en general, quedan definidos por directrices que son arcos de círculo sobre planos verticales, y la verticalidad hace posible un diseño de enjarjes y claves fácil de controlar, aun en las bóvedas más sofisticadas. El resultado depende plásticamente de la disposición de la red de nervios, pero el sistema es elástico y puede adaptar esta red a formas muy variadas. En muchos casos la retícula se adapta a una forma ideal, esférica o cilíndrica, más propia de las bóvedas clásicas; también se puede aplanar si las circunstancias lo exigen, y José Carlos Palacios ha mostrado cómo se llegó a invertir la forma esperable, situando la clave central por debajo de las de los arcos perimetrales (Palacios 2009, 229-232).

Así pues, en las bóvedas de crucería la forma está controlada por medio de líneas. Éstas destacan más que las superficies que se apoyan en ellas, pero en cualquier caso tales cascos de plementería son añadidos a la red lineal, y podemos decir que la intersección de las superficies ha sido concebida previamente.

Por el contrario, la forma general de las bóvedas clásicas responde a concepciones ideales, incluso de interés matemático, y los encuentros entre ellas son aristas, resultado de sus intersecciones. Así pues, no es extraño que Auguste Choisy (1899, II: 704) entienda que la arquitectura renacentista «invierte el problema», buscando formas más o menos arbitrarias y resolviendo los problemas derivados, como son sus encuentros y penetraciones y su despiece. Esta idea, cierta a grandes rasgos, puede conducir a pensar que las superficies, desde el siglo XVI, aunque con ciertas limitaciones en la capacidad de definición algebraica, se conciben como entidades, más o menos como en la actualidad, y que su materialización debe ser juzgada correcta en la medida en que deriva de esa concepción ideal.

Sin embargo es un hecho que el control material de la construcción seguirá apoyándose en la línea, y no sólo como pervivencia de la tradición gótica. No puede ser de otra manera, pues la superficie o el volumen no son directamente representables por medios gráficos ni aprehensibles de forma directa, sin intermediación de secciones y contornos: el control geométrico de formas, trazados, proporciones, encuentros, curvaturas o escala sólo puede realizarse a partir de cortes, fundamentalmente horizontales o verticales. Se trata, pues, de manejar líneas en vez de superficies.

Esta comunicación pretende, por un lado, mostrar cómo en algunas bóvedas clásicas es posible advertir un apoyo casi exclusivo en una geometría de líneas en el espacio, cuestión especialmente patente en ejemplos que no se adaptan a superficies canónicas o conocidas, y estudiar qué recursos de diseño emplearon los maestros renacentistas en este último caso, para adaptar un limitado repertorio de superficies, fundamentalmente cilíndricas y esféricas, a situaciones reales de proyecto con plantas, secciones o arcos perimetrales irregulares.

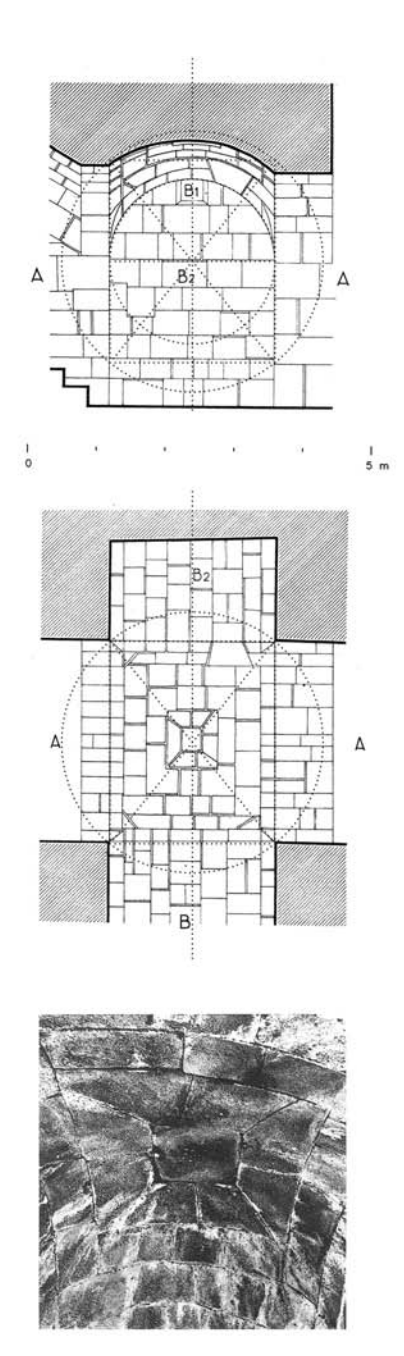
Por otro lado, la intermediación de la línea en el control material de la forma se manifiesta también en la escultura: presentaremos la realidad del trabajo del escultor quien, en la medida en que actúa admitiendo que cualquier observador pueda juzgar si el resultado se ajusta a modelos o proporciones conocidas (lo que se puede decir con seguridad de toda la escultura anterior al siglo XX), controla la forma por medio de la línea, sea ésta proyección o contorno. El volumen en la escultura sería, pues, el resultado, no el medio para llegar a la concreción de la forma tridimensional.[1]

Bóvedas vaídas por hiladas cuadradas

Vandelvira ([c.1580] 1977) comienza explicando las bóvedas vaídas a partir del despiece convencional de la media naranja, por paralelos y meridianos. Tras esto, acomete los que llama por hiladas cuadradas y por hiladas cuadradas giradas.[2] Esta ordenación es didácticamente útil, pues el lector entiende bien las particularidades de las hiladas redondas de eje vertical y le basta después con imaginar cambios de dirección de este eje. Sin embargo puede conducir a pensar que se dio primero la concepción ideal de una superficie esférica organizada en paralelos y meridianos y después la alteración, casi caprichosa, del modelo. Pero ni los datos históricos que tenemos ni la reflexión sobre el proceso constructivo confirman esta idea.

Una bóveda vaída puede cubrir cualquier planta poligonal —cuestión que el gótico resolvía con facilidad— generando arcos perimetrales circulares, más o menos regulares dependiendo de la naturaleza de la planta. Los arcos son de medio punto si arrancan del ecuador de la esfera, y escarzanos en caso contrario. En lo que sigue intentaremos demostrar que la versatilidad de la bóveda vaída como recurso de diseño aumenta si se despieza por hiladas cuadradas, en planos verticales paralelos al perímetro.

Esta configuración no parece una solución alcanzada tras largo tiempo de experimentación y evolución: más bien surge de forma temprana asociada a condiciones de borde irregulares. Las dos bóvedas vaídas pétreas construidas en el teatro de Philipopolis en Siria en el siglo III, que pueden constituir el segundo ejemplo más antiguo de este tipo tras la de Gerasa, presentan cortes por hiladas cuadradas y un perímetro irregular (Figs. 1, 2 y 3).



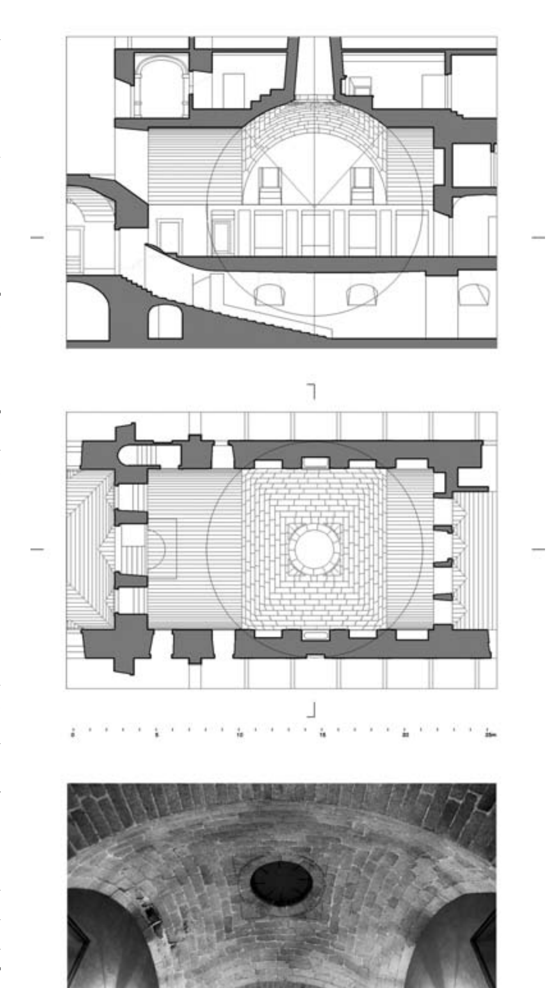
Figuras 1, 2 y 3
Bóvedas vaídas por hiladas cuadradas en el teatro de Philipopolis, Siria, en el siglo III. Trazados realizados sobre el levantamiento de P. Coupel (1956, Pl. IX fig. 1 y 2; Pl. XXIX fig. 2)

La documentación conservada sobre algunos ejemplos construidos permite afirmar que en ellos la elección de este tipo de despiece responde a una demanda de eficacia, no de apariencia. En El Escorial se conservan las condiciones originales que se redactaron para construir una bóveda vaída sobre arcos ovales —superficie no canónica— que describen un despiece por hiladas cuadradas pero con acabado enlucido, tal como hoy en día puede ser contemplada (Bustamante 1994, 227). Se trata de lo que se denominó originalmente iglesia *de prestado*, o provisional, conocida en la actualidad como iglesia vieja, cumpliendo su función hasta que la iglesia principal fue terminada. En este caso, la solución de despiece habría sido elegida por su eficacia y no por su apariencia, pues no iba a quedar vista la superficie pétrea.

La flexibilidad y versatilidad que un despiece por hiladas cuadradas añade a las cualidades propias de una bóveda vaída se analizan a continuación. Un perímetro irregular, incluso sencillamente rectangular, se hace muy patente en una bóveda vaída cortada por hiladas horizontales, pues se advierte a simple vista que las distancias de las juntas circulares a un borde y a otro son diferentes, y puede ocurrir que algunos de los círculos resulten cortados por los arcos perimetrales y otros no. La disposición por hiladas cuadradas evita este efecto.

En una bóveda de planta rectangular es posible suprimir hiladas sólo en alguno de los cuatro sectores que generan los planos diagonales y que resulte casi inapreciable a simple vista. Es el caso de varias de las bóvedas de la iglesia de Santa María de la Nava en Navamorcuende (Toledo), estudiada en otra comunicación para este mismo congreso (Alonso y Calvo 2011). La desigualdad en el ancho de hiladas que surge al despiezar por hiladas cuadradas una bóveda vaída puede resultar excesiva si la proporción rectangular es acusada. La supresión de hiladas en los sectores paralelos a los lados largos de la planta permite minimizar este efecto al duplicar -triplicar sería excesivo— el ancho de cada una.

Por otro lado, el corte de una bóveda vaída por hiladas cuadradas permite que la geometría del intradós se adapte para resolver irregularidades: independiza sectores con facilidad y posibilita trabajar con arcos perimetrales o secciones no circulares. Es el caso que nos ofrece la bóveda de la primitiva cocina del convento del Monasterio de El Escorial, cuya forma conocemos en detalle (López Mozo 2004 y 2009, 343-350). Una lectura visual indica que se trata de una bóveda vaída de planta cuadrada, cuando en realidad ni es estrictamente vaída ni tiene planta cuadrada, sino rectangular: 9,75 m × 8,74 m (Figs. 4, 5 y 6).



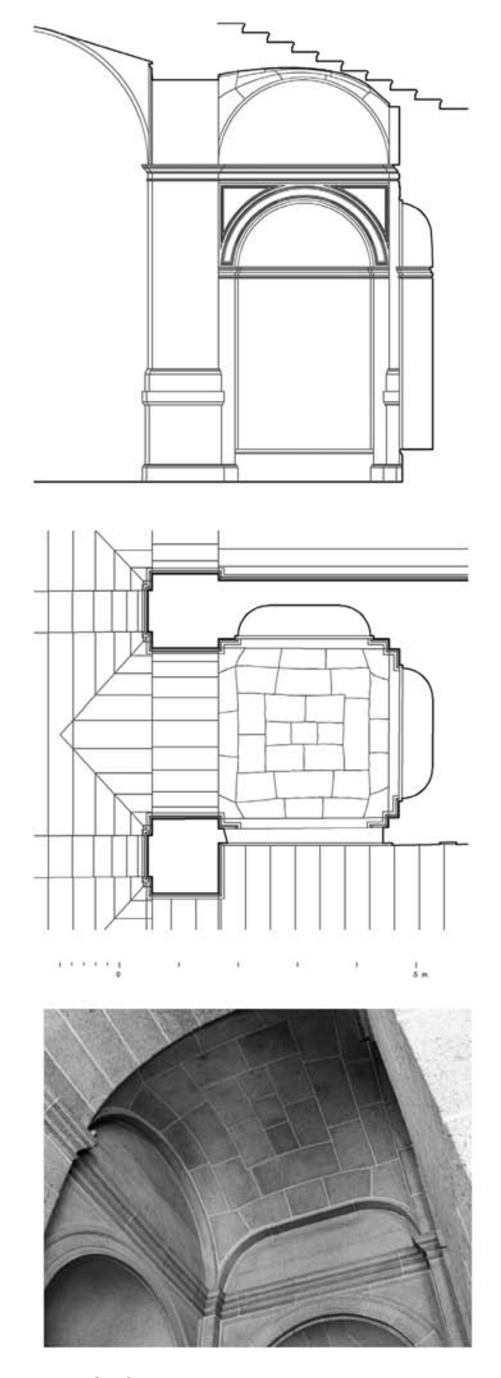
Figuras 4, 5 y 6
Primitiva cocina del convento en el Monasterio de El Escorial

La forma de la bóveda no es perfectamente esférica. Los arcos laterales están peraltados, elevación que acompañan los dos sectores de la bóveda que se apoyan en ellos. Esta decisión pudo venir propiciada por la necesidad de iluminar la estancia, que había sido criticada por su oscuridad, con unos huecos en posición forzada respecto a los arcos de apoyo y quizá de la idea de simular una planta cuadrada que por limitaciones de altura no se había podido ejecutar. Una disposición por hiladas cuadradas era ideal para estos propósitos, pues independiza cada sector de forma realmente inapreciable; si se hubiera construido por hiladas circulares en planta, sería visible el ascenso de cada paralelo de la esfera en las zonas peraltadas, y si se hubiera cortado por hiladas perfectamente horizontales, se apreciaría el estiramiento en la dirección transversal de la habitación.

Finalmente, el despiece por hiladas cuadradas es también más versátil para poder conformar una bóveda de este tipo con una superficie no canónica, esto es, que no sigue una directriz esférica y que podríamos denominar *pseudovaída* (López Mozo 2009, 336-340 y 512-513; Senent Domínguez 2011). Es el caso de las bóvedas bajo la escalera principal del convento del Monasterio de El Escorial (Figs. 7, 8 y 9). La posición comprometida de la escalera que discurre por encima forzó el trazado de la bóveda: tres de los arcos perimetrales son de medio punto y el cuarto es un falso óvalo, formado por dos cuartos de circunferencia unidos por un tramo recto; la sección longitudinal es asimétrica y podría estar formada por una composición de arcos. La superficie del intradós no se ajusta a una geometría predefinida. Las hiladas transversales van estableciendo la transición entre el falso óvalo y el arco de la galería del claustro, apoyándose en los laterales y en la sección longitudinal, punto de partida del trazado.

Una vez analizados algunos ejemplos construidos relevantes, la información que proporcionan las fuentes escritas cobra una dimensión diferente: todas las bóvedas esféricas sobre planta poligonal que describe Vandelvira llevan asociada una opción de despiece por hiladas cuadradas. No se trata de un catálogo teórico con una gran variedad de posibilidades: son opciones lógicas para cubrir espacios irregulares de forma que dicha condición sea difícil de apreciar a simple vista.

Podemos añadir, además, que en la colección de las bóvedas bizantinas, hay vaídas por hiladas redon-



Figuras 7, 8 y 9
Bóveda bajo la escalera principal del convento en el Monasterio de El Escorial

das, pero otras, siendo vaídas, derivan de la ingeniosísima disposición de hiladas por hojas de ladrillo (verticales o ligeramente inclinadas, planas o troncocónicas) que dio lugar a las bóvedas de arista tan características de la construcción en Bizancio (Choisy 1883, 46-47). En las vaídas bizantinas por hiladas cuadradas no es una cintra, sino una cuerda o larguero a modo de cintrel, lo que controla el radio de curvatura de las hiladas, y en consecuencia no es difícil establecer curvaturas diferentes para adaptarse a la esfera.

Superficies de traslación

En las bóvedas renacentistas que Vandelvira llama enrejadas, la retícula definidora de la forma general es evidente. A primera vista se trata de bóvedas vaídas, es decir, superficies esféricas. Una tesis doctoral en desarrollo estudia las que existen en España y México, y su autora, Sandra Bravo, nos ha explicado que en algunas de ellas los nervios mantienen constante su curvatura. En consecuencia no definen realmente una superficie esférica, sino el resultado de la traslación paralela de un arco. [3]

El libro de Truñó (2004) sobre bóvedas tabicadas nos informa de la misma conformación para algunas bóvedas de estas bóvedas de ladrillo. En ellas se disponen hiladas sucesivas de ladrillo de plano, paralelas a los arcos de embocadura; no para sostener los ladrillos, pero para controlar la correcta ejecución, se emplea una ligera cintra, un arco que se va trasladando de hilada en hilada. Si esto se hiciera comenzando por arcos perimetrales semicirculares, la forma resultante de la traslación sería muy apepinada, pero en bóvedas rebajadas, la diferencia con una superficie realmente esférica puede ser imperceptible. Igualmente, en el caso de las enrejadas, aunque los perimetrales sean de medio punto, el arco que se traslada es un arco escarzano.

Los lunetos apuntados

El luneto es un caso frecuente de encuentro de superficies, del que ha llegado hasta nosotros la forma canónica clásica, la intersección de los dos cilindros según una curva alabeada. Así lo recibían los estudiantes de arquitectura del siglo XIX, y así incluso sigue apareciendo en algunos libros de geometría. Como es bien sabido, existe una alternativa a la definición de la arista alabeada, el establecimiento de una línea más sencilla, sólo dos cortes verticales sobre el cañón mayor, para tender hasta ella una superficie de enlace con el hueco de la ventana, generalmente reglada, pero ya no cilíndrica. Se ha llamado a esto luneto apuntado o capialzado (Calvo 2000).

La forma de estos lunetos es semejante a la que presentan muchas bóvedas de crucería con terceletes cuando el triángulo que éstos definen con el arco formero es capialzado o ascendente. Y su concepción es evidentemente más cercana a los hábitos góticos. Sin embargo, en una obra tan emblemáticamente opuesta al gótico, y tan rigurosa en lo formal como es El Escorial, los lunetos son apuntados, y sólo algún encuentro pequeño y secundario aparece como lo que los tratados llaman «arco avanzado».

Efectivamente, la solución de apertura de huecos en una bóveda mediante lunetos apuntados, utilizada en España con anterioridad en la cripta del palacio de Carlos V en la Alhambra de Granada (Calvo 2000), fue la apuesta definitiva en El Escorial (1563-1584). Allí los lunetos apuntados en cañones de sección semicircular no siguen las directrices que tiempo después recomendaría fray Lorenzo de San Nicolás (1639), quien asignaba al diámetro del hueco la mitad de la luz de la bóveda principal y aconsejaba la disposición de las aristas del luneto formando en planta 45º con los paramentos laterales. El ancho del hueco viene en El Escorial impuesto en cada caso por condicionantes irrenunciables del proyecto. La posición del vértice -y en consecuencia el ángulo de las aristas en planta— resulta de una decisión previa estimativa para el peralte del luneto, indicada en las condiciones para contratar las partidas, y un ajuste fino orientado a mejorar el aparejo, evitando hiladas centrales excesivamente anchas o estrechas.[4] Esta cuestión es importante, porque nunca construyeron hiladas de transición entre bóveda y luneto: idearon un aparejo continuo para el conjunto, disponiendo de forma regular las hiladas de la bóveda, que quedan interrumpidas justo en el encuentro con la arista del luneto: de dichos puntos parten las juntas de éste, que en general son trazadas de forma que mantengan paralelismo en planta. En cuanto al trazado de las aristas, en el zaguán del convento llegaron incluso a incluir en ellas un quiebro, formándose cada una por la sección de la bóveda por dos planos verticales di-

ferentes. La flexibilidad del trazado del luneto apuntado reside no sólo en la posición variable del vértice y las aristas, sino en la posibilidad de incluir cualquier arco como directriz del hueco: en El Escorial se emplearon, en la bóveda anteriormente mencionada, arcos apuntados y un falso óvalo. La radical preferencia que mostraron los artífices del edificio por la solución de lunetos apuntados frente a cilíndricos tuvo seguramente en la flexibilidad del trazado su mejor argumento.

En las bóvedas tabicadas se abren fácilmente lunetos capialzados, como explica Luis Moya (1947, 15-17), cerrando la primera hoja con la forma completa del cilindro, y en las dos siguientes dejando el hueco, para a continuación romper la primera. Este hueco se dibuja sobre la primera hoja trazando secciones verticales con la ayuda de largueros y plomadas, y no es difícil seguir estas líneas con las hiladas de ladrillos.

Los estudios del *compagnon* Luc Tamborero sobre la célebre bóveda de Arlés han encontrado en ésta concepciones semejantes. Lo que podría ser una compleja determinación de encuentros se facilita estableciendo previamente las aristas intersección de los cañones (Tamborero 2003).

La bóveda oval de la capilla de la Natividad en la catedral de Burgos

En la capilla de la Natividad de la catedral de Burgos, la forma de la bóveda (que podríamos llamar ovaloide) y también la disposición de sus lechos y juntas, parecen ser consecuencia de un proceso material antes que de una concepción previa (Alonso et al. 2009).

En primer lugar hay que recordar que esta bóveda está apoyada en cuatro trompas cónicas. Se trata de conos de revolución, los cuales encuentran al cilindro vertical del tambor. La línea intersección de ambos pertenece, pues, al cono y al cilindro que se intersecan. Las dos superficies son cuádricas (en el caso del tambor, si es oval como parece, es más correcto decir que se aproxima a un cilindro cuádrico), y son bitangentes entre sí. Como consecuencia su intersección, nos enseña la geometría, debiera resultar plana (un arco de elipse sobre un plano inclinado) y no alabeada, y de hecho el levantamiento fotogramétrico realizado la confirmó como plana, con errores imperceptibles. Esta coincidencia y confirmación de los modernos teoremas de intersección de cuádricas nos satisfizo enormemente, pero en ningún momento se nos ocurrió pensar que sus constructores fueran conscientes de la particularidad teórica de la situación. Cabe suponer que, propuestos el cilindro vertical y el cono de revolución, se encontró gráficamente su línea de intersección por puntos, y se pudo construir sin siquiera advertir que se trata de una curva plana, pues esto no es evidente a simple vista.[5] Lo que sí se puede concluir es que la precisión de la solución construida no es sino el resultado de un control geométrico de los procesos de trazado y puesta en obra, y un ejemplo más de una práctica artesanal sistematizada antes de que la ciencia abordara la resolución teórica del problema, como es frecuente en la historia de la representación del espacio (Gentil y Rabasa 1996, 93; Calvo López 2008, 147).

En cuanto a la bóveda en sí, presenta varias singularidades. Las líneas de junta entre las hiladas de sillares son líneas alabeadas. Esta forma alabeada es la que se obtendría de la intersección de la superficie (aproximadamente elipsoidal) con conos de revolución invertidos de eje vertical, y de hecho todo confirma que los lechos son superficies con esa forma cónica. Así pues, esas líneas alabeadas son el encuentro de los conos invertidos, descritos por un larguero a modo de cintrel que girara alrededor de un eje vertical, con la superficie de la bóveda. Para determinar los puntos de estas líneas alabeadas, sus artífices pudieron cortar por planos meridianos tanto el cono (lo que proporciona una generatriz) como la superficie ovaloide de la bóveda (que debería resultar en un óvalo distinto para cada meridiano). Sin embargo, no hay en esta bóveda nervios ni juntas meridianas; probablemente para evitar ángulos demasiado agudos, éstos son alabeados. Además se observó que la proyección horizontal de las líneas de lechos eran óvalos semejantes. Así pues, pensamos que estos óvalos fueron establecidos primeramente para, levantando cada uno de sus puntos hasta el cono (cintrel) correspondiente, encontrar la posición espacial.

Vandelvira trabaja con bóvedas sobre planta oval empleando cortes por paralelos y meridianos, como si se tratara del despiece de una media naranja. En el caso de la bóveda de la Natividad, el proceso se aleja aún más de la concepción abstracta que ahora tenemos de la geometría de un elipsoide.

Representación y control geométrico

En un ámbito más general, queremos llamar la atención sobre el hecho de que, como ya hemos mencionado, en los procesos constructivos históricos, los puntos y las líneas son representables en trazados y verificables en obra, mientras que las superficies son sólo accesibles por intermediación del trazado y el control material de los puntos y líneas que las componen. No merece la pena insistir en esto, que resulta evidente, y que es lo que constituyó la organización de la geometría descriptiva. Sería, sin embargo, interesante, reflexionar sobre lo engañoso en ocasiones del empleo del CAD tridimensional que proporciona una imagen visual con la que el operador se siente satisfecho, haciéndole olvidar que no domina adecuadamente la forma. De hecho el software ofrece la posibilidad de crear interesantes tipos de superficie bajo condiciones de partida variadas, de las que muy pocos usuarios son capaces de dar la definición geométrica.

Los programas de ordenador ofrecen la imagen estática o en movimiento de las formas, acercándose con el *renderizado* a la contemplación directa, lo que nos parece que no es suficiente para el diseñador que desee controlar lo que hace. Pero incluso la visión directa confunde a veces. Algunos podemos recordar el dibujo academicista llamado «de mancha», cuyo objetivo era la reproducción fiel con carbón de la sensación visual recibida de una estatua de yeso; a veces, después de muchas horas de trabajo, la estatua era limpiada de polvo, y la apariencia de concavidades y convexidades cambiaba, para desesperación del dibujante.

Los canteros que tallan la piedra se guían para comprobar el progreso de la labra de diversos instrumentos, plantillas, reglas, escuadras rígidas o articuladas, reglas curvadas. Tiene el oficio una expresión específica para aquella situación en la que el cantero ha de obtener una superficie curvada sin tales medios, confiado a la simple percepción: dice entonces que «se ciega».

Estas limitaciones reales se manifiestan también en la escultura, arte que ha sufrido aún más las consecuencias del mito de la concepción artística del volumen. Es conocido que Miguel Ángel supo aprovechar el trozo de mármol del que otros no habían sacado provecho, para esculpir el *David*. Al parecer, con los intentos anteriores la piedra ya presentaba algún agujero inconveniente, pero el espectador puede apreciar ahora otro mérito de su intervención si observa el resultado desde un lateral (lo que rara vez se hace): de frente parece un bulto espacial, pero de lado se advierte la extraordinaria planitud y esbeltez del bloque de piedra.

Escultura

Como ya se ha apuntado, en el campo de las artes plásticas abundan las especulaciones y teorías dudosas. Ligada indisolublemente a la escultura se encuentra la suposición de que su creación va aparejada a un dominio del volumen por parte del escultor; sin embargo, como en los casos anteriormente descritos en cuanto a los espacios arquitectónicos, las técnicas históricas de la escultura delatan la paulatina aproximación al volumen escultórico ayudándose de líneas, que en los textos son denominados contornos o perfiles. El volumen en la escultura sería, pues, el resultado, no el medio para llegar a la concreción de la forma tridimensional.

Durante el período que ahora nos ocupa (la baja Edad Media y el Renacimiento), las esculturas se labraban siguiendo la técnica de la talla directa en su versión más libre y compleja: la de la labra del bloque, a modo de altorrelive, partiendo de la cara anterior de la piedra o bien de uno de sus ángulos. Para lograr una figura satisfactoria y proporcionada mediante este método es necesario atenerse a dos principios: el mantenimiento de reservas de material que permitan efectuar correcciones a lo largo del proceso (con esta técnica, la previsión del resultado a través de dibujos o de pequeños modelos plásticos es siempre parcial, pues la forma escultórica se improvisa en mayor o menor grado)[6] y, por otra parte, el acercamiento al futuro volumen escultórico desbastando la piedra a partir de determinados contornos.

Cuando Leonardo escribía sobre escultura, la talla directa era un método generalizado, muy perfeccionado desde que surgiese, a partir del siglo XII, en lo que podría denominarse la reinvención de la escultura durante la Edad Media (Sobrino 2006). Entre sus escritos existe (como algunos años antes en el *De Statua* de Leon Battista Alberti) una propuesta para la recuperación del antiguo sistema de copia de modelos por puntos; la inviabilidad de la propuesta teórica leonardesca no hace más que corroborar, aún en mayor grado que en el caso del «finitorium» albertia-

no, la inexistencia entonces del sacado de puntos como técnica escultórica.

En su famoso paragone entre la pintura y la escultura, Leonardo insiste en un aspecto, este sí, real y fundamental de la escultura de su tiempo: la importancia de fijarse no en las formas —que, como él mismo dice, pueden ser engañosas o cambiar de aspecto según varíe la luz—, sino en los perfiles. «Para llevar a cabo su obra, debe el escultor realizarla cuidando los varios contornos que rodean a la figura»; «[el escultor] busca líneas que contorneen la materia esculpida»; incluso nos habla de aquellos escultores que «miran los objetos naturales auxiliándose de papeles y de velos transparentes; perfilan lo que ven sobre la superficie transparente, y, ayudados por esos rasgos, trazan los contornos, sin añadir ningún sombreado a los perfiles», apostillando que después sí sombrearían estos dibujos para hacerse una idea de la forma tridimensional (Vinci [1907] 1947, 49-52). Ya se ve que la clásica inclusión de la escultura entre las artes del *disegno* va más allá del dominio dibujístico que se le supone al escultor y que habrá de traslucirse en los bosquejos previos; realmente, las líneas son de naturaleza más objetiva que los volúmenes, y son ellas, sumadas en un número indeterminado (y virtualmente ilimitado) de proyecciones contrapuestas, las que permitirán acercarse con seguridad a la resolución de la obra.

Entre sus argumentos acerca de la superioridad de la pintura sobre las demás disciplinas, Leonardo añade una observación interesante: «El escultor dice que no puede hacer una figura sin que quede terminada por todos sus confines. Yo le respondo que esos confines se reducen a dos mitades: una mitad, la de atrás; la otra, la de delante; si están proporcionadas, forman, al unirse, una figura redonda en la que los relieves de ambas mitades se corresponderán sin más ciencia.» (Vinci [1907] 1947, 55) En realidad, la frase de Leonardo sería más correcta si, en vez de hablar de mitades delantera y trasera, se refiriese a dos vistas normales entre sí, la principal y una de las laterales. Si ambas vistas (casi podría decirse alzados) están bien resueltas y se corresponden, tendremos la seguridad de que la figura está virtualmente contenida en el sólido capaz (o sea, en el bloque) que hayamos previsto para ella.

Esto es lo que expresa de forma concisa y magistral un dibujo de Miguel Ángel (Baldini 1973, 86), hecho, sin ánimo alguno de perduración, para la resolución de un encargo a las canteras de mármol de las que se surtía (fig. 4). En él aparecen dos vistas de uno de los dioses fluviales que previó para la capilla Médicis; en esos bocetos se encuentra la información básica para conocer el tamaño de los mármoles capaces de contener la forma escultórica prevista. No otra cosa debían hacer los maestros del período gótico cuando crearan esculturas de bulto redondo (aunque la mayor parte de ellas estuviesen destinadas a hornacinas o a quedar pegadas a los muros): un dibujo somero de la vista frontal y de uno de los perfiles de la escultura determinan, sin impedir la creatividad implícita en un proceso donde interviene la improvisación, la medida del bloque.

En el Cuaderno de Villard de Honnecourt hay una lámina (anverso del folio 26) que quizá deba entenderse como las dos vistas necesarias para conocer el volumen que habría de adquirir una escultura, por más que en este caso no se trataría de una obra en piedra: nos referimos al halcón representado de frente y de perfil, guardando similares medidas y proporciones, aunque carezca de la corrección que hoy podríamos exigir a una doble proyección ortogonal.[7] Dado que muchas láminas de este Cuaderno se han perdido, no podemos hacer afirmaciones categóricas, pero da la impresión de que el trabajo de los escultores no debe de quedar lejos de las ocasiones en que Villard se empeña en representar animales (un caballo, un león) de frente, un punto de vista que difícilmente encontraremos en la pintura de la época, pero que sin embargo resultaría imprescindible para un escultor del siglo XIII o XIV que realizase en piedra una fiera o una figura ecuestre exentas.[8]

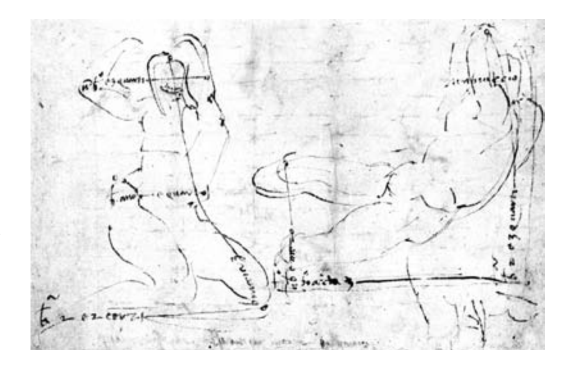


Figura 10
Miguel Ángel, bocetos para un dios fluvial. Londres, British Museum

Pero el apoyo en los perfiles o contornos no se ciñía al inicio de la obra, a su planteamiento a partir de las caras más o menos regulares del bloque, pues su uso era constante a lo largo de todo el proceso de ejecución. De nuevo Miguel Ángel, esta vez gracias a sus esculturas inacabadas, nos aporta datos determinantes. En las obras conservadas en la Academia florentina es fácil advertir multitud de ángulos que no se corresponden con las formas naturalmente redondeadas del cuerpo, ya que son debidos al recorte de la piedra siguiendo líneas que han sido dibujadas como proyecciones de determinados perfiles. Basten ahora sólo dos ejemplos: la pierna derecha del San Mateo, que es el miembro portante de la figura, fue retrasada respecto de la posición que ocupaba anteriormente a partir de una línea dibujada por el escultor colocándose ante el lateral derecho de la estatua (Fig. 11); por su parte, en la mano izquierda del Esclavo joven se observa claramente el recorte del dorso de la mano, que no pudo hacerse más que a partir del dibujo previo de su perfil. Obviamente, los ángulos producidos al recortar una forma con las herramientas (esto es, al ejecutar materialmente la proyección de un perfil) desaparecerían en seguida, en cuanto las gradinas redondeasen el mármol para unir en una superficie continua el volumen resuelto previamente mediante la yuxtaposición de diferentes contornos.

Ya en la vejez de Miguel Ángel, las técnicas medievales que él llevó a su máxima perfección estaban siendo sustituidas por otro método alternativo, inventado en la antigua Grecia, extendido en época romana, desaparecido durante la Edad Media y el Renacimiento y que los escultores posteriores a Buonarroti, abrumados por la insuperable herencia miguelangelesca, recuperaron.[9] En esos años, a partir del último tercio del siglo XVI, comenzó a generalizarse el sacado de puntos, que permitía resolver la escultura en un modelo fungible y rápido de ejecutar y trasladar después mecánicamente su forma a un material duradero. Vasari, en la introducción a sus *Vite*, ([1568] 2002, 37) ya se refería a la posibilidad de ese traslado de los volúmenes, un trabajo que perfectamente podía encomendarse a los ayudantes, mientras escultores como Vincenzo de Rossi se ayudaron de él para sus rebuscadas figuras y otros como Giambologna lo perfeccionaron y consolidaron. La vieja y arriesgada creatividad dio paso entonces a unas obras en las que la piedra era la simple depositaria de un volumen definido con anterioridad en yeso o en arcilla.



Figura 11
Miguel Ángel, detalle del San Mateo. Florencia, Academia

La labra por puntos —instaurada para resolver formas muy complejas o composiciones serpentinatas de dos o más figuras, destinadas a conseguir para la escultura pétrea la visión perimetral reservada hasta entonces a las efigies de bronce—, fue imponiéndose hasta convertirse, al hilo del academicismo decimonónico... chesco, en el único método para ejecutar estatuas en piedra. Pero hay que destacar un aspecto pocas veces comentado: aunque los puntos dejan resuelto el volumen, es precisa una labor posterior de acabado que, según la habilidad de quien la realice, puede hacer que varíe notablemente el aspecto de la obra. Los mejores escultores neoclásicos reservaban para sí esa labor de acabado, aunque la figura del escultor mo-

derno fuese variando hacia su papel como creador de los modelos en barro, dejando la labra material del mármol a los operarios especializados. Eso hizo que modelos de altísima calidad, como son los de Auguste Rodin, diesen a veces lugar, en manos de ayudantes inexpertos, a obras de mármol descuidadas y hasta chapuceras. Como contrapartida, de los escritos de Rodin podríamos extraer la más hermosa y extrema fórmula acerca de la importancia del contorno (de la línea) en la escultura, un arte que no expresaría toda su calidad hasta no ser reducida a dos dimensiones, dejando a un lado toda idea de volumen; tal idea vendría a ser: una bella forma es aquella que proyecta una bella sombra. El mismo Rodin (1946, 234-235) nos regala algunos párrafos que parecen aludir a las reflexiones leonardescas antes apuntadas: «Todo [en los cuerpos] se apoya sobre formas generales que se prestan recíprocamente sus líneas y se entretejen unas con otras», «La unidad está en el modelado, y el escultor [...] no obtendrá la unidad, no la arrancará sino haciendo la suma de los perfiles».

Curiosamente, la informática actual ha venido a ofrecernos un espejismo equivalente al del sacado de puntos escultórico. Se trata de algo que no debería comprenderse más que como una nueva ayuda en la busca de la objetivación de los espacios y volúmenes, pero que, como tantos frutos de la tecnología informática, se ofrece a veces como la panacea con la que resolver la representación de las formas complejas. Algo que recuerda hasta en el nombre —nube de puntos— a la técnica que logró sustituir a la talla directa, es decir, al trabajo directo del escultor, el cual exigía un claro dominio no de los indomeñables volúmenes, sino de las líneas, de los perfiles y los contornos. Esto es, del dibujo.

CONCLUSIONES

En los tratados de cortes de piedra, desde el siglo XVI, era habitual la invocación a Euclides. La realidad es que los autores no necesitaban tomar gran cosa del contenido real de los libros de Euclides, y, al contrario, los procedimientos gráficos que los canteros emplearon terminarían por dar lugar, en el siglo XVIII, a una rama de la geometría. En otro campo muy diverso, el de la escultura, cuando se ha intentado verbalizar el proceso conceptual de la creación, ha sido habitual hasta ahora aludir al volumen, y hemos visto cómo esto contrasta, por ejemplo, con la realidad del trabajo que la escultura clásica en piedra requiere (el tipo de escultura que hace más evidentes las particularidades de los recursos para el control de la forma).

Podemos concluir que una atención más cuidadosa al proceso material muestra cómo éste es muchas veces inseparable del creativo, y cómo ambos arrojan luz sobre la importancia de la línea, importancia derivada, además, de circunstancias naturales.

Tal punto de vista permite contemplar casos como el del particular despiece de las bóvedas vaídas que llamamos por hiladas cuadradas o rectangulares, evitando prejuicios y atendiendo a la situación real del artífice que ha de enfrentarse con un problema constructivo. Permite, más en general, evitar la concepción mitificada del papel del volumen en el pensamiento espacial dirigido al diseño y la ejecución de arquitectura o escultura (concepción que puede conducir a sobrevalorar productos de CAD que ofrecen resultados vistosos pero difícilmente controlables, tanto en el diseño como en el levantamiento). Pensamos que esta actitud desprejuiciada debe presidir especialmente los análisis propios de la historia de la construcción.

NOTAS

1. Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación «Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico. Análisis de ejemplos construidos» (BIA2009-14350) del Plan Nacional de I+D+i, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.
2. En este mismo congreso publica una comunicación Rosa Senent (2011) sobre algunos trazados en el manuscrito de Vandelvira, con consideraciones generales coincidentes con las que aquí presentamos.
3. Junto con el taller de José Carlos Palacios, Sandra Bravo ha construido una en yeso, rebajada y de traslación.
4. Como toda regla, ésta también tiene una excepción. Los lunetos de la bóveda del pórtico de la iglesia tienen una hilada central excesivamente ancha. La corrección que se podía haber efectuado desplazando el vértice hacia la clave de la bóveda principal fue quizá desechada porque el luneto habría *engullido* una porción demasiado grande de dicha bóveda.
5. Ana López Mozo advirtió las consecuencias de la especial condición de esta intersección, pero no era fácil determinar si la línea era plana por simple inspección vi-

sual. Ya no es fácil encontrar visualmente el punto de vista adecuado para advertir la planitud de este arco de elipse inclinado, pero además no se trata realmente de una sola línea, sino de una molduración sobre un encuentro de ángulo variable, por lo que sólo el movimiento espacial de levantamiento tridimensional hizo posible confirmar la hipótesis.

6. Cellini se refiere en su tratado (1989, 182) a los escultores que, por impaciencia, acometen el bloque por todos lados al mismo tiempo y, así, se quedan sin material para las correcciones. En mi opinión, Cellini se refiere, sin nombrarla, a su propia experiencia con una escultura tan desafortunada como el *Apolo y Jacinto* conservado en el Bargello.
7. En la edición consultada (Honnecourt 1986, lám. 51 y p. 137), el halcón es confundido con un loro, extendiéndose el error a una escena de cetrería que hay en la misma lámina.
8. En el período gótico se hicieron esculturas exentas, como los leones que sustentan columnas en portadas y púlpitos o el carnero de los sepulcros; el célebre Jinete de la catedral de Bamberg está concebido como un bulto redondo, aunque se encuentre adosado a un pilar, y hay otras figuras ecuestres completamente independientes: es el caso de la figura regia de Magdeburgo o de los caballeros de la familia Della Scala en Verona.
9. Un breve panorama de la escultura en piedra desde el punto de vista de la técnica puede consultarse en Sobrino González (2000).

LISTA DE REFERENCIAS

Alberti, Leon Battista. [1451] 1999. *De la pintura y otros escritos sobre arte*. Madrid: Tecnos.

Alonso Rodríguez, M. A., J. C. Palacios Gonzalo, E. Rabasa Díaz, J. Calvo López, A. López Mozo y A. Sanjurjo Álvarez. 2009. Functionalism and caprice in stonecutting. The case of the Nativity Chapel in Burgos Cathedral. En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History,* 31-38. Cottbus: Chair of Construction History and Structural Preservation of the Brandenburg University of Technology Cottbus.

Alonso Rodríguez, M. A. y J. Calvo López. 2011. Bóvedas baídas en el ámbito castellano. La iglesia de Navamorcuende (Toledo). En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Santiago Huerta Fernández, ed. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Baldini, U. 1973. *Michelangelo scultore,* Milan: Rizzoli.

Bustamante García, A. 1994. *La octava maravilla del mundo. (Estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II)*. Madrid: Alpuerto.

Calvo López, J. 2000. Lunetas y arcos avanzados. El trazado de un elemento constructivo en los siglos XVI y XVII. En *Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* 165-175. Santiago Huerta Fernández, (ed.). Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Calvo López, J. 2008. La historia de la representación del espacio como materia de posgrado. En *Actas del XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica,* 143-153. Enrique Rabasa Díaz, (ed.). Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Cellini, Benvenuto. [1568] 1989. *Tratado de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura*. Madrid: Akal.

Choisy, A. 1883. *L'Art de bâtir chez les Byzantins*. Paris: Librairie de la Société Anonyme de Publications Periodiques.

Choisy, A. 1899. *Histoire de l'architecture*. Paris: Gauthier-Villars.

Coupel, P. y E. Frézoule. 1956. *Le théatre de Philippopolis en Arabie*. París: Librairie Orientaliste Paul Geuthner.

Gentil Baldrich, J.M. y E. Rabasa Díaz. 1996. Sobre la geometría descriptiva y su difusión en España. Estudio introductorio a Gaspard Monge, *Geometría Descriptiva* (facsímil de la traducción española de 1803), 55-93. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Honnecourt, Villard de. [1225-1235] 1986. *Cuaderno*. Madrid: Akal.

López Mozo, A. 2004. Traza y construcción en la bóveda vaída de la cocina del convento del Monasterio de El Escorial. En *Dibujar lo que no vemos. Actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica,* 1.021-1.031. Granada: Universidad de Granada.

López Mozo, A. 2009. «Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial». Tesis doctoral inédita, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Moya Blanco, L. 1947. *Bóvedas tabicadas*. Madrid: Dirección General de Arquitectura.

Palacios Gonzalo, J. C. 2009. *La cantería medieval: La construcción de la bóveda de crucería española*. Madrid: Munilla-Lería.

Rodin, A. 1946. *Las catedrales de Francia*. Buenos Aires: El Ateneo.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1639. *Arte y Uso de* Architectura. Primera parte. Madrid: s.i. (facs. Ed. Madrid: Albatros, 1989).

Senent Domínguez, R. 2011. Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira: Estrategias góticas en cantería renacentista. En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Santiago Huerta Fernández, ed. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Sobrino González, M. 2000. «La escultura en piedra; la talla directa. El sacado de puntos. Las herramientas». *Descubrir el Arte,* núm. 17, 18 y 19.

Sobrino González, M. 2006. «Acerca de la escultura románica en piedra», *El lenguaje de la arquitectura románica*. Madrid: Mairea.

Tamborero, L. y J. Sakarovitch. 2003. The vault of Arles City Hall: a carpentry outline for a stone vault? En *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, 1899-1907. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Truñó, A. 2004. *Construcción de bóvedas tabicadas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Vandelvira, Alonso de. [c. 1580] 1977. *Tratado de arquitectura*. Editado por G.

Barbé-Coquelin de Lisle. Albacete: Caja Provincial de Ahorros.

Vasari, Giorgio. [1568] 2002. *Las vidas de los más excelentes arquitectos, pintores y escultores italianos desde Cimabúe a nuestros tiempos*. Madrid: Cátedra.

Vinci, Leonardo da. [1907] 1947. *Tratado de la pintura*. Buenos Aires: Espasa-Calpe.

Chimeneas industriales de ladrillo helicoidales

Gracia López Patiño
Arturo Martínez Boquera
Luis de Mazarredo Aznar

La aparición de la máquina de vapor trae aparejada la construcción y desarrollo de una nueva tipología industrial edificatoria, que ha adquirido por sí misma un valor cultural y patrimonial, muy distinto al que fue ideado: las chimeneas de fábrica de ladrillo.

La función primordial, la que se deriva de las fuentes archivísticas, se refiere a cuestiones higienistas, las denuncias de vecinos por malos olores y los humos producidos por la falta de altura de las chimeneas, es decir, la conducción de humos y gases a una altura suficiente que no perjudique a seres vivos. La función consecuente afecta a términos económicos. El aumento de altura de la chimenea favorece el tiro de la misma y por tanto beneficia la combustión, haciendo posible la reducción de la cantidad de combustible necesario para la generación de vapor.

Las primeras chimeneas construidas en el siglo XIX se realizan a imagen y semejanza de modelos ingleses y franceses, debido a la importación de maquinaria y de ingenieros de estos países, avivados por el comercio de exportación-importación.

Es así como encontramos chimeneas con secciones cuadradas, adosadas primero a edificaciones y posteriormente aisladas con mayor porte, que evolucionan mejorando su oposición al empuje del viento convirtiéndose en pináculos de mayor altura y de sección circular y octogonal.

EJEMPLARES DE CHIMENEAS HELICOIDALES

Para el desconocedor de las mismas todas las chimeneas parecen iguales, un obelisco de esbelto fuste cuya terminación tiene un ligero ornato antes de dejar salir los humos, que una vez humearon. Sin embargo, cuando analizamos de cerca el elemento, descubrimos que visualmente tiene tres partes bien diferenciadas, base, caña o fuste y corona o remate (López, 2007), siendo las dos primeras variables en cuanto a sección y la última donde mayor variedad podemos encontrar.

El fuste de una chimenea suele ser de sección longitudinal con pendiente constante exterior y resaltes interiores cada cierta distancia, y de sección transversal constante en cuanto a su forma, pero variable en cuanto a dimensión, consecuencia directa de dicha sección longitudinal.

No obstante existe una variante, cuando la sección transversal gira sobre sí misma tomando como centro el eje longitudinal, desplazándose asimismo en vertical sobre dicho eje, convirtiendo el fuste de chimenea en un cuerpo de revolución, de sección variable. El hecho llega a máximas consecuencias cuando además el giro cambia de dirección a mitad de distancia.

No es frecuente encontrar este tipo de chimeneas y difícil descubrir algún tipo de información de las mismas, ya que antiguamente no era preceptivo el permiso municipal cuando la obra se encontraba dentro del recinto de una fábrica.

La razón por la que se construyó este tipo de chimeneas viene determinada a la sazón por el gusto estético del promotor y del constructor, sin menoscabo de las palabras, no referenciadas, de Gaudí que decía que si el humo sube retorciéndose, se le ayudaba en su salida dándole a las chimeneas forma helicoidal

Aún así, se tiene noticia de las siguientes chimeneas, algunas de las cuales ya han sido derribadas, siguiendo el esquema de las tipologías en planta más sencillas hasta las más complicadas.

De sección circular

El aspecto de estas chimeneas es de un helicoide aunque la realidad es bien distinta. Se trata de chimeneas de sección circular, construidas con piezas en forma de cuña, de tamaño variable según la altura, que posee unas piezas especiales de cerámica que sobresalen de la superficie creada por los ladrillos aplantillados en cuña, piezas cuyo volado comprende una porción de sección circular. La pieza se coloca ocho veces en cada sección, con un pequeño y casi imperceptible desplazamiento horizontal en cada una de las hiladas. Un mismo constructor Atilano Millás es el creador de estas chimeneas a finales de los años cuarenta y principio de los cincuenta.

La primera de ellas se encuentra en Mora, Toledo, de donde el constructor era oriundo, y corresponde a una antigua fábrica de jabones. En la actualidad la chimenea ha quedado integrada en un conjunto residencial

La segunda pertenece a la bodega de Francisco Isla en Villarta de San Juan, Ciudad Real, y tiene mayores dimensiones que la anterior, de la cual es copia a petición del propietario de la vinatera (Fig. 1).

Ambas chimeneas constan de base circular con arcos rematados en semicírculo, remarcados con la misma pieza que sirve para resaltar el cordón helicoidal. También se utiliza esta pieza para los salientes de la cornisa de la base, por encima del dentellado a sardinel, así como para el remate de la coronación (Fig. 2).



Figura 1
Chimenea Bodega de Francisco Isla, Villarta de San Juan, Ciudad Real



Figura 2
Detalle coronación Bodega de Francisco Isla, Villarta de San Juan, Ciudad Real

La dimensión más pequeña del diámetro del fuste en la jabonería implica que el remate de los cordones del fuste se realice en arco casi ojival, mientras que en la bodega se realiza semicircular como en la base.

De sección cuadrada

Sin menoscabo de que puedan existir o haber existido otras, se han encontrado sólo dos ejemplares de este tipo. Uno de ellos correspondía a la chimenea ya derribada de A. Bianchini y Cía. Ingenieros, en el Poble Nou de Barcelona, y tenemos constancia de ella gracias a una tarjeta postal (Fig. 3).

La segunda, también cercana a Barcelona, en Esparreguera, pertenecece a la colonia de Can Sedó que todavía muestra su esplendor (Fig. 4). Su construcción se atribuye a Amadeu Casals[1] en fecha desconocida, aunque anterior a 1899, donde aparece ya en un plano de esa fecha. La sociedad constituida por Miguel Puig y Compañía se estableció en la cuenca del río Llobregat, donde además existían buenas comunicaciones para suministro y distribución de los productos manufacturados. En 1846 el molino Can Broquetes es adquirido y en 1850 se comienza a trabajar a pleno rendimiento. En 1875 comienza la construcción del canal Cairat, que no se pondrá en funcionamiento hasta la etapa en que un nuevo propietario, Antonio Sedó, se hace con el conjunto adoptando su nombre con el que se conoce actualmente a la colonia. Es en esta etapa cuando culminará el proceso de crecimiento, formación y consolidación, incorporando la primera turbina en 1881.



Figura 3
Chimenea en el Poble Nou de Barcelona. Fuente: http://www.xtec.es/~xripoll/indus9.htm



Figura 4
Chimenea en la colonia Can Sedó, Esparreguera, Barcelona. Autor: David Vicente

De sección octogonal

La majestuosa chimenea que ha servido de inspiración a Santiago Calatrava para idear alguno de sus más controvertidos edificios como el de Malmo, perteneció a una fábrica de papel cuyo propietario fue Luis Layana Aguilar (Fig. 5). El primer expediente de solicitud de licencia para la construcción de unos almacenes en el camino de Peñarrocha junto a la ermita del Ave María en Valencia data de 1903.[2] El maestro de obras por la Academia de San Carlos, Manuel García Sierra y Navarro, en nombre del propietario, repite las solicitudes en 1904 y 1914[3] con el fin de levantar unos cobertizos. En ninguno de los planos de los tres expedientes aparece la chimenea, lo cual puede hacernos dudar de la datación existente en una placa en su base con motivo del centenario de su construcción.

Figura 5
Chimenea Papelera Layana, Valencia

Se dice que fue el propio Layana quien, basándose en las columnas de la Lonja de Valencia, diseñó la chimenea que evacuaría los humos de su factoría (Fig. 6).

La chimenea consta de una potente base de sección cuadrada con ligera pendiente, provista de podio, que en estos momentos se encuentra escondida bajo una capa de enfoscado que impide su correcta caracterización. Tras la cornisa que remata la misma con modillones escalonados, la transición al fuste viene determinada en curva convirtiendo cuatro lados en ocho. En cada una de las aristas la pieza correspondiente remata la esquina con una porción circular, que a su vez está ranurada diagonalmente en superficie (Fig. 7). Con la colocación de las piezas desplazadas horizontalmente unos milímetros por cada hilada se consigue el efecto de una larga soga que gira alrededor de la esbelta caña.

De 1913 es la inscripción que aparece en la chimenea de la Sociedad de Albañiles La Constructora de



Figura 6
Detalle columna de la Lonja de Valencia. Autor: José Luis Flores Tortoza




Figura 7
Detalle pieza esquina chimenea Papelera Layana, Valencia



Figura 8
Chimenea La Constructora, Alzira, Valencia

Alzira, que eleva su corona hasta los treinta y dos metros de altura (Fig. 8). Con un fuste que recuerda al de la chimenea de la fábrica de papel de Layana en Valencia, simplifica la pieza de esquina, manteniendo la forma de porción circular, pero alisando sus bordes. La base, provista de podio, también es de sección octogonal, como el fuste, por lo que no existe transición al mismo. El color oscuro de las molduras de la cornisa de la base singulariza ésta y contrasta con la alternancia en rojo y verde en cada uno de los simulados cordones que forman las piezas de esquina en su recorrido helicoide, a diferencia de la de Layana en Valencia (Fig. 9). La corona actual ha sido sustituida en una restauración y no se poseen fotografías donde apreciar con detalle la correspondencia con el original.

Su constructor, Agustín Goig Palomares, fue el primero de una saga que durante tres generaciones se dedicó a la construcción de chimeneas industriales de ladrillo (López, 2007), con ejemplos de chimeneas de fuste octogonal repartidos por parte del territorio español e incluso norte de África.

En el Molí de Sanromà en Reus, (Gerona) se encuentra una chimenea que dicen sirvió de modelo a Gaudí para realizar sus chimeneas de La Pedrera.

Emerge de la cubierta de una nave en Villena, un fuste helicoidal, de empresa alcoholera de la que se desconoce su nombre. Las piezas de esquina del fuste son las mismas utilizadas para el resto de chimeneas octogonales.

Quizás la última de las chimeneas helicoidales construida es la correspondiente a la alcoholera de Fábregas Mompeó en Tomelloso, Ciudad Real, construida en abril de 1964 (Fig. 10). El propietario de la bodega para la que sirvió la chimenea, Antonio Fábregas, permitió la arriesgada tarea al joven construc-

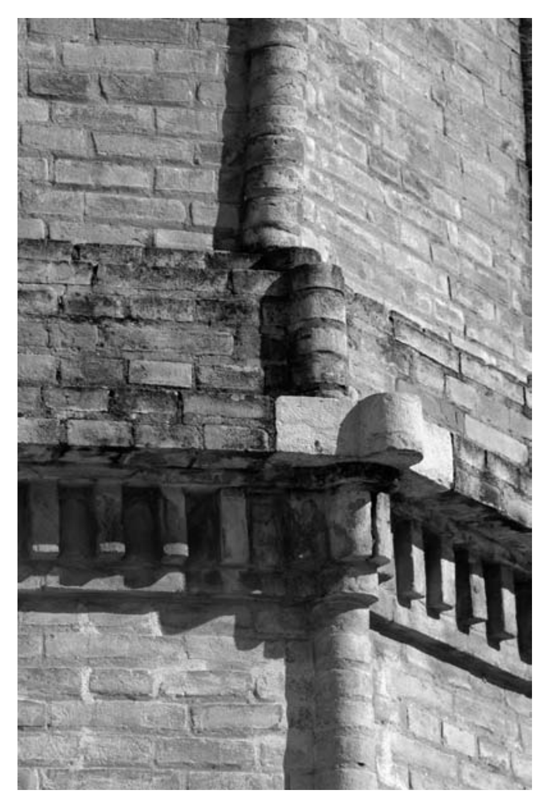


Figura 9
Detalle cornisa base y cordón coloreado chimenea La Constructora



Figura 10
Chimenea alcoholera Fábregas Mompeó, Tomelloso, Ciudad Real

tor Antonio Jareño, que ideó un artilugio metálico giratorio y extensible para afrontar el trabajo. De profusa ornamentación en la base, realizada con ladrillos de distintos coloraciones, es apreciable que el fuste, realizado con ladrillo en dos colores contrastados, no tiene el desarrollo completo que le permitiría encarar los lados de la base con los lados de la corona.

De sección octogonal con giros múltiples en sentidos opuestos

La chimenea que ahora protagoniza el espacio de bienvenida de una conocida universidad privada en Alfara del Patriarca, Valencia, perteneció a un antiguo ladrillar llamado de Roc o de José María Granell. La característica fundamental del monumento que sufrió una restauración que le ha sustituido parte de la zona superior del fuste y la corona, es el giro continuado de las secciones transversales alrededor del eje longitudinal (Fig. 11). La base, de sección octogonal corresponde a un raro ejemplo de forma escalonada, más ancha en su encuentro con el suelo. Comparando con la foto original de la chimenea, dedicada a ladrillar, se aprecia la falta de vueltas y altura originales. El trabajo manual se traduce en las mínimas imperfecciones que supone el desplazamiento horizontal y giro del ladrillo de esquina más visible en la arista viva a la que da lugar, que en una chimenea de sección recta longitudinal (Fig. 12).

Cercana en distancia a ésta última se encuentra en el Molino Real de Paterna, Valencia, otra chimenea con ese doble giro realizado una única vez, lo que da como resultado una chimenea que por sus proporciones ya es de menor envergadura, y por su giro más suave (Fig. 13).



Figura 11
Chimenea tras la restauración, Alfara del Patriarca, Valencia

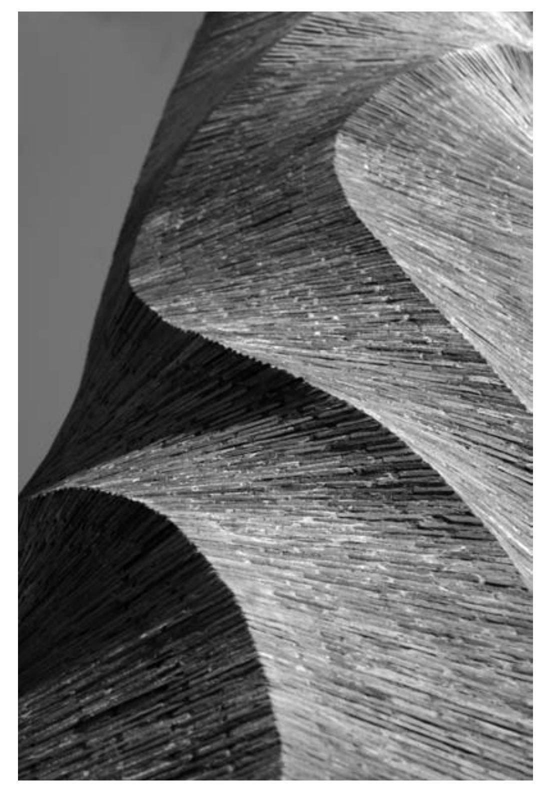


Figura 12
Detalle del doble giro, Alfara del Patriarca, Valencia

Descripción constructiva, estética y dimensional de la Chimenea de la fábrica de Antonio Fábregas Mompeó

El testimonio de Antonio Jareño, como único superviviente de una familia de constructores de chimeneas, que ha aprendido de la experiencia de otros constructores valencianos procedentes de Alzira, que, desplazados a Tomelloso dejaron su maestría esculpida en el horizonte de la localidad manchega, ha ayudado a reproducir los criterios de diseño y el proceso constructivo de esta colosal y monumental chimenea. Tiene en su haber una producción de más de 20 chimeneas, todas ellas esparcidas en el campo castellano de los alrededores de su localidad natal.

Con una altura de poco más de 40 metros desde la cimentación[4] la dimensión en planta del lado del octógono del podio de la base es de 1,26 m. por un metro de altura. El cuerpo central de la base disminuye su sección escalonadamente hasta que su dimensión se fija en 1,16 m. de lado.

Los ladrillos multicolores con una forma de moldeo distinta entre sí, tienen procedencia variada. Para el podio se utilizó un ladrillo con tres perforaciones en tabla, en color rojo, con piezas esquineras macizas, también de color rojo, pero distinto al de las piezas de esquina del resto de la chimenea, de una tonalidad ligeramente más oscura y procedencia valenciana. El cuerpo central de la base y fuste de la chimenea se realizaron en ladrillo extrusionado perforado amarillento procedente de La Roda. La decoración rombal de la base y el dentellado a sardinel de la cornisa de la base está realizado con ladrillo perforado en una tonalidad de rojo más anaranjada que las anteriores descritas. La dimensión de los ladrillos es



Figura 13
Chimenea Molí Real, Paterna, Valencia

de 24 × 11 × 5 cm, teniendo una ligera variación en el tizón los ladrillos del podio.

La dimensión de la base rondaba los cinco metros de altura y el grueso, según el constructor, dos pies y medio, es decir, unos 60 cm. Hay que reseñar que, según testimonio de otros constructores que han realizado chimeneas de sección octogonal, el grueso de la base puede llegar a medir hasta 4 pies.

La cimentación se fundamenta sobre una resistente piedra tosca, y a base de hormigón, sin armadura, consta de una losa de unos 4 metros de diámetro y pocos centímetros de espesor. Un conducto bajo rasante en dirección norte, de unos 15 metros, comunicaba con la caldera.

El fuste se desarrolla con una sección decreciente con inclinación del 2,5 %. Con la dimensión de la boca superior de la chimenea y la altura que se necesita alcanzar se obtienen las dimensiones de la base.

La corona marca el sello del constructor, que utiliza el mismo modelo en toda su producción. Se trata de un prisma recto octogonal rematado en bulbo. En cada una de las caras aparece un rehundido como decoración, que en el bulbo se recarga con un motivo en cruz.

El interior de la chimenea se ajusta a la misma forma que en el exterior, es decir, también los humos y gases recorrerán esa helicoide, en su ascenso al exterior.

Construcción

La forma de la mayoría de las chimeneas es circular, siendo la cuadrada menos frecuente y la octogonal particular de la zona levantina y su influencia. La sección circular exige ladrillos aplantillados curvos, cuestión que añade una dificultad especial; aunque también se construyen chimeneas circulares con ladrillos rectos, cuando el diámetro es tan grande que lo permite, sin perder la apariencia de curvatura. La forma octogonal precisa de ladrillos aplantillados especiales para las esquinas.

El proceso constructivo se desarrolla con un mínimo de cuatro operarios, aunque cinco es el recomendable: dos al pie de la chimenea, preparando morteros y ladrillos e izándolos con una polea, otro, que se encarga de apilar y suministrar el material en altura, unos dos metros por debajo de los dos últimos, que son los que levantan la fábrica.

El replanteo en la base es función de la altura: la dimensión de referencia suele ser el tamaño del hueco en la parte superior de la chimenea, aproximadamente 80 cm., que permite el trabajo de un operario actuando en su interior. Definido este parámetro y en función de la altura se determinan el resto de dimensiones, siguiendo unas sencillas reglas.

El empleo de andamios para el proceso constructivo está documentado. El caso de nuestra fuente es particular pues utiliza andamios hasta unos tres metros de longitud de fuste, que sumados a la base puede llegar a los 7-8 m. Sin embargo, la manera más habitual es prescindir de ellos, y trabajar desde dentro de la chimenea. En el caso del constructor de la chimenea de Tomelloso, conforme avanzan las paredes de la chimenea se van anclando en las esquinas unas barras de hierro o acero, que sirven como escaleras y apoyo de tableros, que constituyen las plata-

formas sobre las que los operarios trabajan y a su vez el punto de cuelgue de la polea que permite el transporte del material en altura.

Las chimeneas helicoidales se desarrollan igual que las rectas, pero dando a cada hilada de ladrillos un pequeño giro respecto a la hilada inferior, giro que se corresponde con un trabajo manual muy intuitivo que le introduce una cierta imperfección a la arista viva. Esto hace que no haya diferencia entre estas dos formas de chimenea en cuanto a material empleado y peso; sin embargo, el aspecto formal cambia significativamente.

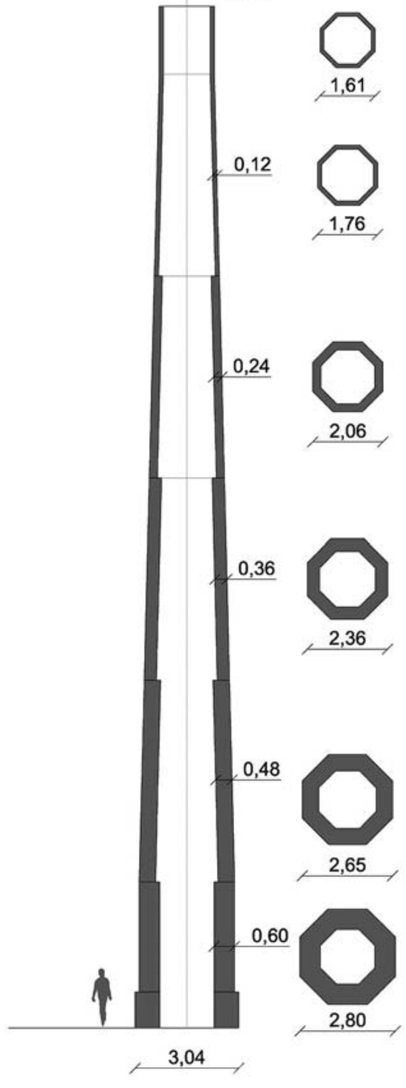


Figura 14
Sección típica de chimenea

Para la realización de esta chimenea el constructor dispuso de una plantilla, con la correspondiente medida de la sección a tres metros de altura, teniendo en cuenta la pendiente del 2,5%, fijada por medio de andamiaje, manteniendo el centro de la sección con una plomada. Se unen los vértices del polígono de la base del fuste a los vértices de la plantilla con cables, y se gira la plantilla superior tanto como queramos darle al giro. Después de unos metros se continúa según intuición, de ahí las posibles imperfecciones.

La chimenea se divide verticalmente en tramos de dimensión entre 4 y 5 metros, en función de la altura. Cada tramo tiene un espesor de fi pie de ladrillo menos que el tramo inferior. Siendo el último tramo de fi pie. Así el espesor de la fábrica de la chimenea desde la parte superior hacia abajo sigue los espesores: fi pie, 1 pie, 1,5 pies etc. La disminución se realiza por escalones, en el interior de la chimenea. Este proceso responde sencillamente al concepto mecánico de aumentar el ancho y la sección en la parte inferior por consideraciones de estabilidad y capacidad resistente a las cargas gravitatorias acumuladas.

Esta economía de medios permite sin embargo una gran rapidez de ejecución. Una chimenea de unos 25-30 metros se puede construir entre 30 y 50 días.

Estabilidad

Muy pocas chimeneas industriales se construyeron siguiendo un proyecto con sus cálculos correspondientes, si bien es cierto que estas construcciones surgen en época industrial cuando los conceptos de mecánica se empiezan a aplicar en el cálculo práctico de estructuras. Las chimeneas que se proyectaron con la aplicación de cálculos de estabilidad, sirvieron de modelo para muchas otras que se construyeron sin calcular. Los constructores levantaban las chimeneas siguiendo las pautas y reglas aprendidas de sus antecesores.

Las chimeneas tienen una esbeltez (relación alto/ancho) del orden de 10 o mayor. Este valor de la esbeltez parece que actualmente es el límite seguro, pues todas las construcciones en altura, incluidos los

rascacielos, tienden como límite máximo una esbeltez de 10.

Tres aspectos son los que determinan la estabilidad de estas construcciones: La capacidad resistente al propio peso, la estabilidad frente al giro del apoyo y la resistencia al viento.

La esbeltez determina la estabilidad frente al vuelco por giro de la cimentación y frente a la acción del viento.

Las chimeneas rectas y helicoidales se comportan igual frente a cargas gravitatorias y estabilidad al vuelco. Frente a acciones eólicas puede haber ciertas diferencias, pues las de forma helicoidal presentan una variación del ángulo de incidencia del viento con las superficies. Esto puede provocar algún efecto de torsión; aunque se puede considerar muy poco significativo. Para evaluar con precisión la acción del viento sobre una chimenea helicoidal tendría que ser probado en laboratorio con un túnel de viento

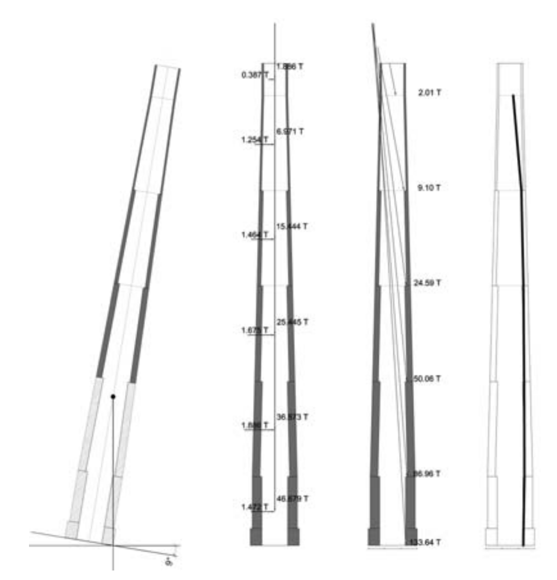


Figura 15
Estabilidad al vuelco por giro de cimentación y comportamiento de la chimenea frente a la acción del viento

Capacidad resistente al propio peso

Bajo la hipótesis conservadora de considerar la resistencia de la fábrica de ladrillo a compresión de 2 N/mm². y un peso específico de 1800 kp/m³ se obtiene una altura máxima de chimenea de:

$$h \times 18\,\frac{kN}{m^3} = 2000 \times \frac{kN}{m^2};\ \ \mathrm{h} = 111mt.$$

Resulta evidente que para las chimeneas habituales cuya altura está entre 15 y 30 metros, el problema de estabilidad no es por las cargas gravitatorias de su propio peso.

La chimenea en estudio tiene un peso de 133,40 toneladas, que corresponde a una tensión de compresión en su base de 0,30 N/mm², valor muy inferior a su capacidad resistente; resultando un coeficiente de seguridad superior a 5.

Capacidad a vuelco

La estabilidad al vuelco de las chimeneas se plantea cuando por descentramiento de carga en la base del soporte, debido a desplomes por defecto constructivo o acciones accidentales, la cimentación gira provocando un desplome global de la chimenea. Sobre la cimentación se aplica la carga descentrada provocando una distribución de tensiones en el suelo variable. Si el suelo es blando y de baja capacidad portante puede provocar un giro en la cimentación.

El límite de seguridad frente al vuelco se produce cuando la vertical que pasa por el centro de gravedad de la chimenea está en el extremo de la base. Cuando la línea vertical de carga se sale de la base se produce el vuelco.

Aplicando a la chimenea en estudio resulta un ángulo de giro de 9,40º y un desplome del 15%. Esto supone una capacidad resistente del suelo muy baja y una cimentación escasa. Este modo de colapso es muy poco habitual y no se conocen datos documentales de casos de derrumbe por esta causa.

Resistencia al viento

La acción más determinante que puede cuestionar la seguridad estructural de las chimeneas es, sin ninguna duda, la eólica. La extraordinaria esbeltez de estas construcciones hace que la relación entre carga gravitatoria y carga horizontal provocada por el viento no sea muy elevada, apareciendo flexiones en el fuste de la chimenea.

Para visualizar y entender este comportamiento se ha efectuado un análisis por equilibrio. Del levantamiento que se tiene de la chimenea se ha evaluado su peso y se ha trazado la línea de presiones de la acción combinada peso propio más acción del viento.

Se ha considerado una situación extrema para el viento, tomando la velocidad de viento de 160 km/h. que corresponde a vendaval próximo a huracán. Aplicando el cálculo en equilibrio por estática gráfica se ha trazado la línea de presiones. (Fig. 16).

Analizando el resultado obtenido se observa que la situación está en el límite. La línea de presiones se descentra de las secciones y sale fuera del núcleo central en muchas de ellas. Esto implica que la fábrica de ladrillo está sometida a tracciones, que pueden provocar fisuración horizontal. Las fisuras que aparecen en un arco de fábrica, que forma una estructura estable triarticulada no suelen ser problema para su estabilidad. En cambio las chimeneas son estructuras en voladizo que no pueden formar este «arco triarticulado», no se pueden acodalar, por lo que una vez fisuradas su colapso suele ser inmediato.

Otro aspecto importante que se observa es que en la parte superior de la chimenea las paredes son de ﬁ pié y pesan poco, la línea de presiones se desplaza enseguida hacia el exterior de la sección. Descendiendo por el fuste las paredes aumentan de espesor y por lo tanto el peso; la línea de presiones se mantiene en su posición o incluso se centra. Esto indica que la fractura de la chimenea se suele producir no en la base sino en la parte alta del fuste.

Se pueden documentar algunos casos de colapso de chimeneas ante ráfagas muy fuertes del viento.

NOTAS

Las fotografías donde no se ha nombrado autor o fuente están realizadas por Gracia López Patiño.

1. La colonia Sedó de Esparreguera. Bienes culturales nº 7. 2007
2. Archivo Municipal de Valencia PU año 1903 caja 10 exp 318
3. Archivo Municipal de Valencia PU año 1904 caja 11 exp 3713 y Archivo Municipal de Valencia PU año 1914 caja 7 exp 9089, respectivamente
4. En estos momentos la rasante del suelo está por encima del nivel de origen

LISTA DE REFERENCIAS

Heyman J. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM.

López Patiño, G. 2007. «Chimeneas industriales para una generación de constructores valencianos». En *Actas de Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* vol 2. coord. por Miguel Arenillas Parra, Cristina Segura Graíño, Francisco Bueno Hernández, Santiago Huerta Fernández. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lourenço, P B. 1996. *Computational strategies for masonry structures*, Tesis de doctorado. Delft, Holanda: Universidad Técnica de Delft.

Revistas

2007. «La colonia Sedó de Esparreguera». *Bienes culturales* 7. Plan de Patrimonio Industrial. Ministerio de Cultura

Archivos

Archivo Municipal de Valencia PU año 1903 caja 10 exp 318.

Archivo Municipal de Valencia PU año 1904 caja 11 exp 3713.

Archivo Municipal de Valencia PU año 1914 caja 7 exp 9089.

ISBN 978-84-9728-371-7
9 788497 283717